

V TOMTO SEŠITĚ

SPAUN-electronic se představuje ...	121
VKV, UKV A CM VLNY V NOMO- GRAMECH A GRAFECH	
Radiová a optická viditelnost na dohled.....	123
Útlum na trase.....	124
Určení volné první Fresnelovy zóny.....	125
Útlum na trase radiového spojení.....	126
Charakteristická impedance souosého vedení s pevným dielektrikem	127
Char. impedance dvoudrátového a souosého vedení se vzduch. diel.	128
Char. impedance vedení.....	129
Elektrická délka vedení.....	130
Vstupní reaktance vedení	131
Čtvrtlinný transformátor.....	132
Širokopásmový komp. balun.....	133
Ztráty na vedení	134
ČSV u vedení s vlastními ztrátami	135
Vybrané parametry souosých kabelů.....	136
Převodní křivky ČSV, ρ , dB.....	137
Vlnová délka ve vlnovodu.....	138 až 140
Zisk antény a šifka diagramu	141
Dipól před odraznou stěnou	142
Úhlový reflektor s dipólem $\lambda/2$	143
Skládaný dipól s nestejně tlustými vodiči.....	144
Anténa Yagi-Uda.....	145
Logaritmicko-periodická anténa	146
Inzerce.....	158

AMATÉRSKÉ RADIO - ŘADA B

Vydavatel: Vydavatelství MAGNET-PRESS, s. p., Vladislavova 26, 113 66 Praha 1, tel. 24 22 73 84-9, fax 24 22 31 73.
Redakce: Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. 24 22 73 84.
Šéfredaktor: Luboš Kalousek, OK1FAC, I. 354.
Ročně vychází 6 čísel. **Cena výtisků** 20,- Kč, pololetní předplatné 60,- Kč, celoroční předplatné 120,- Kč.
Tiskne: Grafoprint Praha.
Rozšiřuje: MAGNET-PRESS (poskytuje slevu na předplatném) a PNS, informace o předplatném podá a objednávkový příjímá PNS, pošta, doručovatel a předplatitelské středisko administrace Vydavatelství MAGNET-PRESS.
Velkoobchod: Velkoobchodní prodejci si mohou objednat AR za výhodných podmínek v oddělení velkoobchodu MAGNET-PRESS, tel/fax (02) 26 12 26.
Podávání novinových zásilek povoleno jak Ředitelstvím pošt. přepravy Praha (č. j. nov. 5030/1994 ze dne 10. 11. 1994), tak RPP Bratislava - pošta Bratislava 12 (č. j. 82/83 dňa 23. 8. 1993). Objednávky do zahraničí přijímá MAGNET-PRESS, OZO.312, Vladislavova 26, 113 66 Praha 1 formou bankovního šeku.
Ve Slovenské republice předplatné zajišťuje a objednávkový příjímá přímo nebo prostřednictvím dalších distributorů MAGNET-PRESS Slovakia s.r.o., P. O. BOX 814 89 Bratislava, tel./fax (07) 36 13 90, cena za jeden výtisk v SR je 27,- SK (22,- SK při předplatném v MAGNET-PRESS Slovakia).
Inzerce přijímá inzertní oddělení MAGNET-PRESS, Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel/fax (02) 24 22 31 73, tel. (02) 24 22 73 84.
Znění a úpravu odborné inzerce lze dohodnout s kterýmkoli redaktorem AR.
Za původnost a správnost příspěvků odpovídá autor.
Nevyžádané rukopisy nevracíme.
ISSN 0139-7087, číslo indexu 46 044.
Toto číslo vyšlo 19. 7. 1995.
© MAGNET-PRESS s. p. Praha

se představuje

Pro dnešní představení jsme na rozdíl od minulých firem či společností, převážně světových jmen s dlouhou či kratší tradicí, vybrali firmu, která vznikla zcela nedávno. Vybrali jsme ji proto, že může, podle našeho názoru, být téměř vzorem pro malé i střední firmy, které vznikají i u nás mimo hlavní průmyslová centra.

Po dlouhý čas byl Singen v nejzajímavějším jihozápadě Německa pojmem pouze pro gurmány, vyrábí se tam nahnědlé stolní koření, které buď jako tekuté nebo ve formě kostek dodává i nejslabší polévce dobrou chuť - MAGGI.

Od léta 1991 však nacházíme toto místo i na mapě satelitní techniky, neboť na Mezinárodní výstavě rozhlasu se onoho roku představil SPAUN electronic GmbH poprvé s vlastní výrobní značkou. Mezitím se zesilovače a systémové komponenty s typicky modrými díly z plastické hmoty staly běžnými výrobky na anténním trhu.

Zakladatelem a majitelem firmy je Friedrich Spaun. To, co začalo 1. října 1969 jako podnik o jedné osobě pro televizní servis, vyrostlo během 24 let na závod orientovaný na budoucnost, který se svými 50 spolupracovníky náleží ke špičkovým podnikům průmyslového parku v Singen. Před "comingout" 1991 pracoval Friedrich Spaun jako dodavatel pro různé výrobce antén a vydobyl si v odborných kruzích vynikající jméno. Rozhodnutí zkusit to sám vzniklo při procesech strukturálních změn v oboru, když od-

stoupil velký partner OEM, vznikla značka SPAUN.

"Tehdy jsme si to nejjednodušeji", prohlašuje Karl Schmedt, vedoucí odbytu fy SPAUN electronic GmbH, "předvedli jsme 1991 množství nově vyvinutých výrobků a uvedli jsme výrobky pro kmitočtové pásmo až do 2 GHz. Naše zboží je „made in Germany“ a má vlastnosti, které jinak nikdo nenabízí". Pro p. Schmedta je paleta výrobků SPAUN nepředstížitelná a má velmi výhodný poměr cen a výkonů jak pro pro obchod, tak pro montážní organizace.

Výrobky firmy SPAUN electronic

Nabídku SPAUN electronic GmbH lze rozdělit do čtyř skupin. *První* zahrnuje vícepásmové a širokopásmové zesilovače, jakož i domovní a linkové zesilovače, zejména pro společné TV antény a TKR, *druhá* domovní zesilovače od 47 do 606 MHz s použitím pro domy s kabelovými rozvody. Nejzajímavější výrobky patří do *třetí* skupiny, jsou to systémové stavební díly pro satelitní příjem - pásmové výhybky, mezifrekvenční zesilovače, multipřepínače, anténní relé, přepínací generátory, pásmové propustě. Nahlédnutí do katalogu ukazuje pozoruhodnou skutečnost, že některé stavební díly umožňují používat mezifrekvence až do 2300 MHz nebo i vyšší. *Čtvrtá* skupina výrobků obsahuje různá příslušenství, jako např. odbočovače, rozbočovače nebo regulátory úrovně s propustí pro stejnosměrné napětí.



Friedrich Spaun,
zakladatel a majitel firmy

Od listopadu 1993 dodává firma SPAUN electronic GmbH též koncové anténní zásuvky, které je možno použít v hvězdicových rozvodech se SAT MF. Jak Friedrich Spaun při obchůzce závodem vysvětlil, jsou obchody v oblasti satelitní techniky nejlépeší: „Našeho čtyřnásobného multipřepínače vyrábíme měsíčně 5000 až 10 000 kusů“. Díky dokonalým výrobkům Spaun v rozbočovací technice přechází firma od zaměření na vícenásobný příjem k družicovému příjmu, čímž se stala nezávislou na spolkové poště v SRN. Zmenšování ročních zisků jako důsledek stále se zmenšujícího počtu kabelových rozvodů se v případě této firmy nemůže vyskytovat.

Zařízení high-tech (vysoké technické úrovně) lze vyrábět pouze s nářadím high-tech a i v této oblasti vyniká SPAUN electronic GmbH: stroje pro SMT, moderní pájecí zařízení a linky, počítačem řízený automat na zhotovování a měření cívek, zkušební pole o deseti místech atd. jsou samozřejmě součástí strojního a měřicího parku, navíc vývojové oddělení firmy disponuje uznávaným měřicím pracovištěm pro zkoušky, předepsané německým spolkovým úřadem pro homologace v oblasti telekomunikací. A SPAUN je navíc firma „krátkých cest“, inteligentní architektury a pohotového managementu. „V době, která jinde uplyne mezi vývojovým návrhem a zakázkou“, míní šéf oddělu Karl Schmedt, „je u nás výrobek již hotov. Jsme zkrátka vždy o délku nosu napřed“.

Typický Spaun

Vedoucí vývoje v Singen se jmenuje Stephan Fischer a je vysokofrekvenční expert, o nichž se píše v superlativech. Spolu se svým asistentem Andreasem Pyczakem se Fischer stará o realizaci budoucích projektů firmy a hlavním předmětem jejich současného zájmu jsou přístroje pro příjem signálů družic ASTRA 1D, ASTRA 1E a vyhlídky i možnosti digitální televize. Přitom všem se věnují doposud největší inovaci SPAUN electronic GmbH, kaskadovatelnému multiswitch-systému (s mnohonásobným přepínáním).

Start digitální TV a rozmanitost nových programů - o tom je Stephan Fischer přesvědčen - představují konec klasického řešení příjmu televizních signálů na jednotlivých kanálech. Pro společné antény je pak možné využívat vynálezu firmy Spaun, tj. přijímací zařízení s jedním základním přístrojem, v němž jsou integrovány úrovně zesilovačů, a který má čtyř nebo šestnásobné multipřepínače a případně širokopásmové zesilovače.

Ve výrobě mezifrekvenčních zesilovačů pro družicový příjem - to se v Singenu nezamlčuje - by firma SPAUN chtěla získat vedoucí místo na trhu. A po dosažených zkušenostech nepochybuje o tom, že to tato firma dokáže. Z celé dosažené činnosti firmy je vyplývá jednoznačný dojem: Zde je podnik, ve kterém správní lidé v pravý čas činí správná rozhodnutí. Přičemž rozhodování má všechny znaky toho, že jsou si všichni vědomi, že je třeba omezit se na vybrané, ale o to lépe zvlád-

nuté druhy výrobků. Filozofie, kterou by si měly vzít k srdci možná i některé velké firmy.

Výrobky ze Singenu

Firma SPAUN byla založena dne 1. října 1969. Bohatství nápadů a iniciativa, spojené s podnikavostí a odvahou pro riziko, byly jediným počátečním kapitálem zakladatele firmy Friedricha Spauna.

Od doby založení prožívá firma ustavičný zrychlený vývoj. Friedrich Spaun vybudoval z bývalého podniku o jedné osobě homogenní závod s nejmodernějšími výrobními prostorami a zařízeními.

Zesilovače a stavební díly Spaun pro anténní zařízení jsou používány již po mnoho let s velkým úspěchem a osvědčily se miliónkrát, neboť jako dodavatel renomovaných výrobců, prodejců a montážních firem anténního průmyslu v Německu, Rakousku a Švýcarsku měl SPAUN electronic možnost perfektně si ověřit činnost svých výrobků v nejrůznějších prostředích a celcích.

Počínaje koncem r. 1991 nabízí SPAUN electronic výrobky pod vlastní značkou.

Start byl zahájen sortimentem o asi 30 výrobcích. Během tří let narostla nabídka takřka čtyřnásobně. Tento důkaz výkonnosti je v tomto oboru jedinečný, neboť SPAUN nabízí z 99 procent stavební díly, vzniklé z vlastního vývoje a výroby.

V oblasti družicové mezifrekvenční techniky byl SPAUN spoliiniciátorem zvýšení mezifrekvenčního kmitočtu z 1750 na 2050 MHz a postaral se tím během Mezinárodní výstavy rozhlasu 1991 v Berlíně o neľibost etablovaných firem anténního průmyslu.

Náskok díky inovacím

Je jasné, že SPAUN byl také první, kdo nabízel odpovídající vhodné stavební díly. Pro nadějný budoucí trh družicového příjmu vzniklo během doby u firmy mnoho inovačních řešení nejrůznějších problémů při příjmu družicových signálů.

Jako příklad může sloužit rozmanitá nabídka multipřepínačů, tedy komponentů, pomocí nichž je možno velmi jednoduchým způsobem připojit šest, popř. osm účastníků na jedno družicové přijímací zařízení. První šestnásobný multipřepínač vůbec pochází - jak také jinak - od firmy SPAUN.

Náskok pomocí inovace, tak zní vůdčí motiv fy SPAUN electronic. Absolutní tre-

fa se podařila podniku kaskádovým multipřepínacím systémem. Tento princip, přihlášený jako patent, způsobil v době své prezentace na IFA 93 v Berlíně rozruch a v současnosti je používán v celé Evropě. Tento novodobý rozbočovací systém je koncipován pro zařízení v malých až velkých společných přijímacích zařízeních a umožňuje u všech účastníků příjem všech dostupných pozemských nebo družicových vysíláčů. Jednou z mnoha výhod tohoto systému je, že počet připojených účastníků může být díky modulovému stavebnicovému řešení kdykoliv rozšířen.

Velkou budoucnost bude mít zřejmě i nový DUO-multipřepínač, s nímž může až šest účastníků - nezávisle na sobě - volit mezi dvěma družicovými systémy. Spínaný napájecí zdroj tohoto zařízení je přitom konstruován tak, že zaručuje dokonalou činnost a dodržení všech technických parametrů při napájecím střídavém napětí v mezích od 90 do 250 V.

Nejzajímavější na tomto výrobku je synchronní regulátor, realizovaný firmou SPAUN poprvé v anténní technice: Umožňuje vzájemně přizpůsobit rozdílné úrovně příjmu mezi dvěma družicovými systémy.

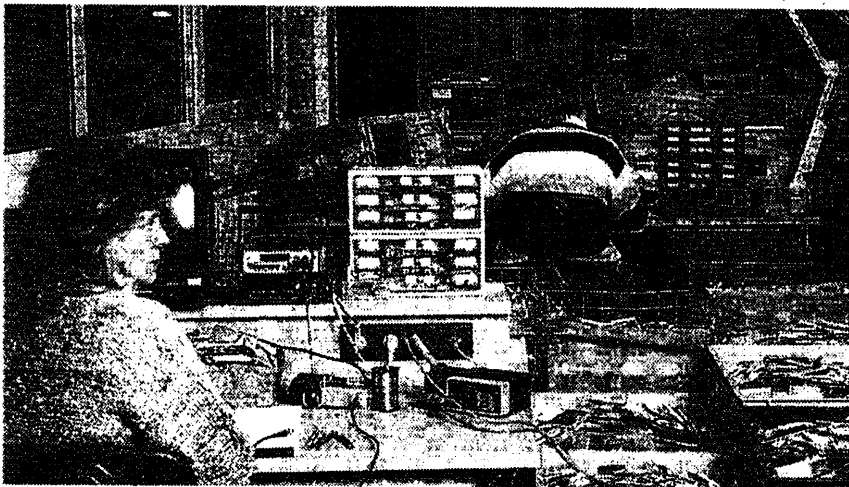
Dalším ne každodenním znakem je automatické úsporné vypínání napájecího proudu, které pracuje tehdy, neodebírá-li žádný z připojených účastníků signál (šetří se tím energie).

„Nejmladším“ důkazem o důležitosti inovací pro firmu Spaun je světová novinka: SPAUN electronic vyvinul první nastavitelný náklonový člen pro družicový mezifrekvenční zesilovač.

Při používání nejnovějších mikrovlnných polovodičových součástek může tedy SPAUN nabízet výrobky se špičkovými technickými parametry. Nejmodernější počítačem řízené výrobní zařízení i kvalifikovaný personál zaručují v oblasti vývoje, výroby a zkoušení jakosti absolutní spolehlivost. Při tom jsou samozřejmě důsledně dodržována všechna důležitá ustanovení a předpisy.

Firmu na našem trhu zastupuje **Spaun electronic, satelitní a sdělovací technika, zastoupení v České republice Březová 23, 182 00 Praha 8, tel./fax (02) 88 52 20.**

Výrobky Spaun electronic jsou homologovány ČTÚ, na všechny výrobky je záruka 2 roky.



Z výroby u firmy Spaun electronic v Singenu

VKV, UKV a cm vlny v nomogramech a grafech

Ing. Miroslav Procházka, CSc.

Technika velmi vysokých kmitočtů se již rozvíjí několik desítek let a zasahuje do rozvoje pasivního i aktivního přenosu informací. Obory jako směrové spoje, radiotelefony, radiolokace a v poslední době zejména družicová technika využívají této techniky zcela zásadně. Ačkoliv počítače opanovaly praktický denní život technika, není ještě u nás všechno na disketách a některé programy jsou dostupné jen velmi obtížně.

Domníváme se proto, že soustředění důležitých podkladů pro technickou práci v oboru šíření elektromagnetických vln, antén a vedení do nomogramů a grafů přijde vhod řadě našich čtenářů. Je však docela možné, že uvedená tematika bude naposledy takto publikována právě v AR a že příště budou již k dispozici potřebné informace na disketách nebo jiných paměťových prvcích.

Uvedené grafy a nomogramy byly vybrány z autorova obsáhlého souboru, sbíraného za posledních 40 let z různých pramenů, jejichž anotace není v současnosti již plně k dispozici. V textu jsou však uvedeny anotace některých odborných děl a statí, v nichž lze nalézt podrobnější informace k uváděné tematice.

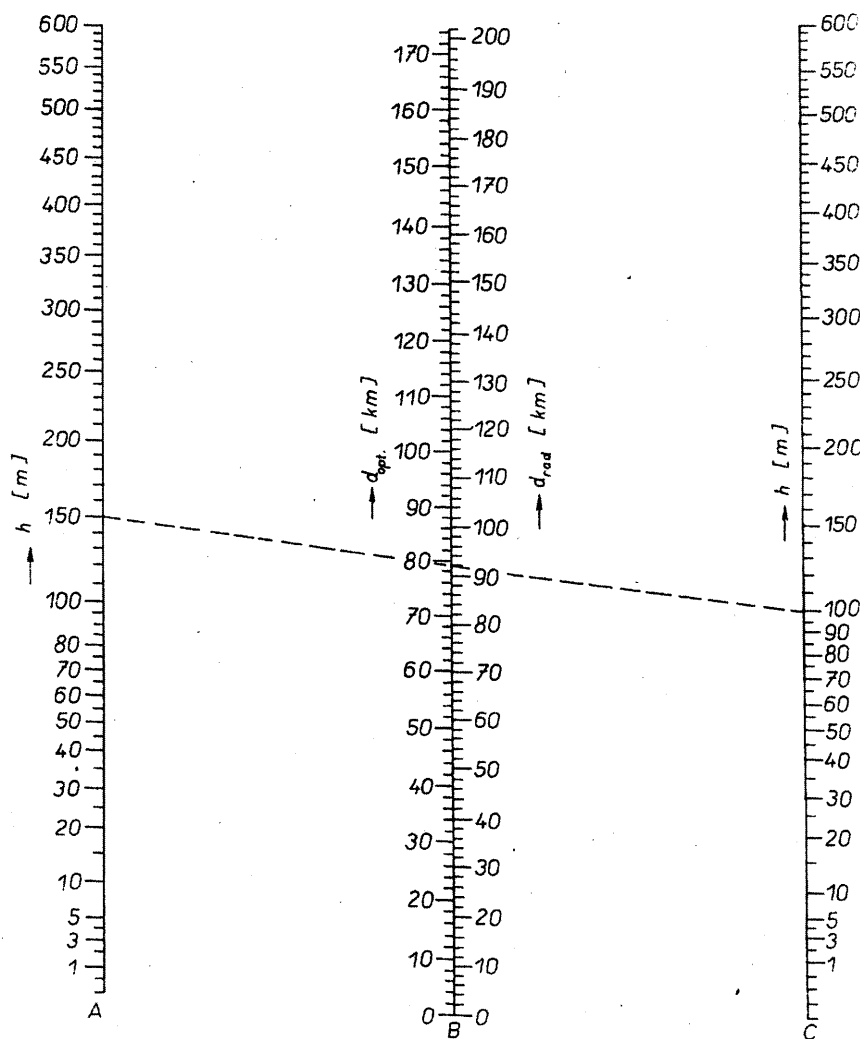
Autor se pokusil co možno nejvíce sjednotit označování jednotlivých veličin, všude to však nebylo možné a proto odkazuje laskavého čtenáře na pozorné čtení textů, doprovázejících jednotlivé obrázky.

Radiová a optická viditelnost na dohled (obr. 1)

Meze radiové a optické viditelnosti na dohled (radio, optical line-of-sight, Radiohorizont, optischer Horizont) lze určit z výšky h vysílací resp. přijímací antény (na osách A a C) a průsečíku spojnice obou výšek (na ose B). Výškou antény se rozumí výška, přečtená z mapy terénu, tedy převýšení nad min. nadmořskou výškou na trase. Mezi vysílačem a přijímačem nejsou žádné překážky a první Fresnelova zóna je bezpečně volná.

Meze radiové viditelnosti získané z nomogramu předpokládají ekvivalentní poloměr R Země rovný $4/3$ skutečného poloměru R_0 Země ($R_0 = 6375$ km, $R = 8500$ km). Stupnice d_{opt} platí pro optický a stupnice d_{rad} pro radiový „dohled“.

Ekvivalentní poloměr Země se zavádí v důsledku lomu radiových vln



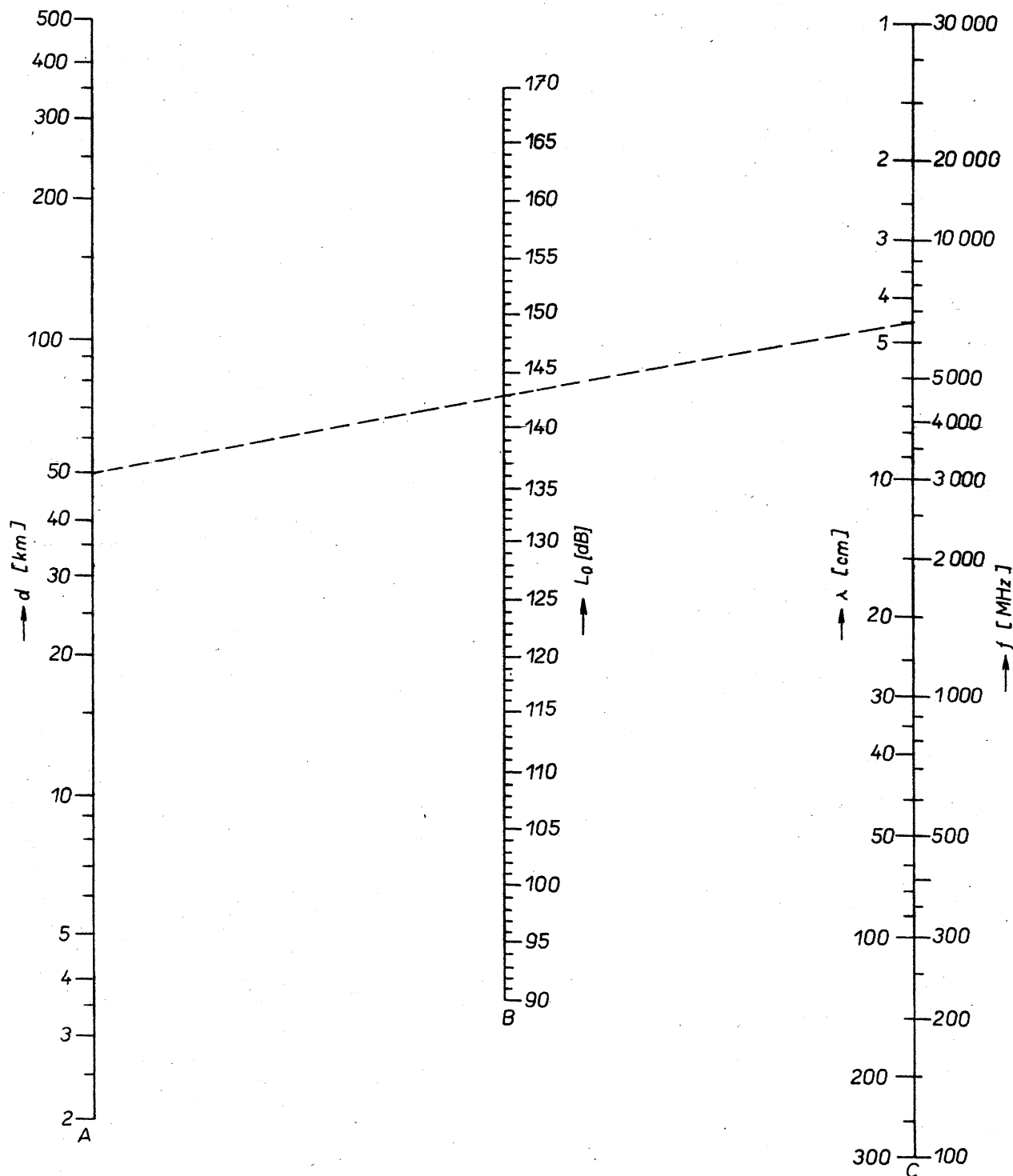
Obr. 1.

v atmosféře, takže dosah spojení je větší než je optická viditelnost.

Vlivem změn v ovzduší však signál na mezním radiovém dosahu kolísá. Pro zcela bezpečné spojení je výhodnější předpokládat, že je mez radiové viditelnosti kratší než optické viditelnosti. V praxi se proto často používá jako radiový „dohled“ zkrácená optická viditelnost a to $0,7d_{opt}$.

Příklad: Dvě místa s výškami 150 m a 100 m mají optickou viditelnost asi 80 km a radiovou viditelnost 92 km.

Útlum na trase mezi dvěma izotropními anténami ve volném prostoru (obr. 2)



K určení útlumu na trase ve volném prostoru (free space path attenuation, Freierstraumdämpfung) vynešeme na osu A vzdálenost mezi anténami d [km] a na osu C vlnovou délku λ [cm] nebo kmitočet f [MHz]. Spojnice obou bodů vytíná na ose B útlum trasy L_0 [dB].

Příklad. Útlum mezi dvěma izotropními anténami vzdálenými 50 km je při vlnové délce 4,5 cm přibližně 143 dB.

Uvedený nomogram graficky vyjadřuje matematický vztah pro útlum na trase

$$L_0 = 10 \log (\lambda / 4 \pi d)^2 \text{ [dB]},$$

kam λ a d dosazujeme v cm.

Jsou-li jako obě antény použity půlvlnné dipóly, pak se útlum L_d na trase zmenší na

$$L_d = L_0 - 4,3 \text{ [dB]}.$$

Někdy bývá nutné použít hůře přizpůsobené antény. Celkový útlum L_c na trase je pak dán vztahem

$$L_c = L_d + 6,02 + 10 \log \sigma - 20 \log (\sigma + 1) \text{ [dB]},$$

kde σ je činitel stojatých vln, měřený na svorkách jedné antény.

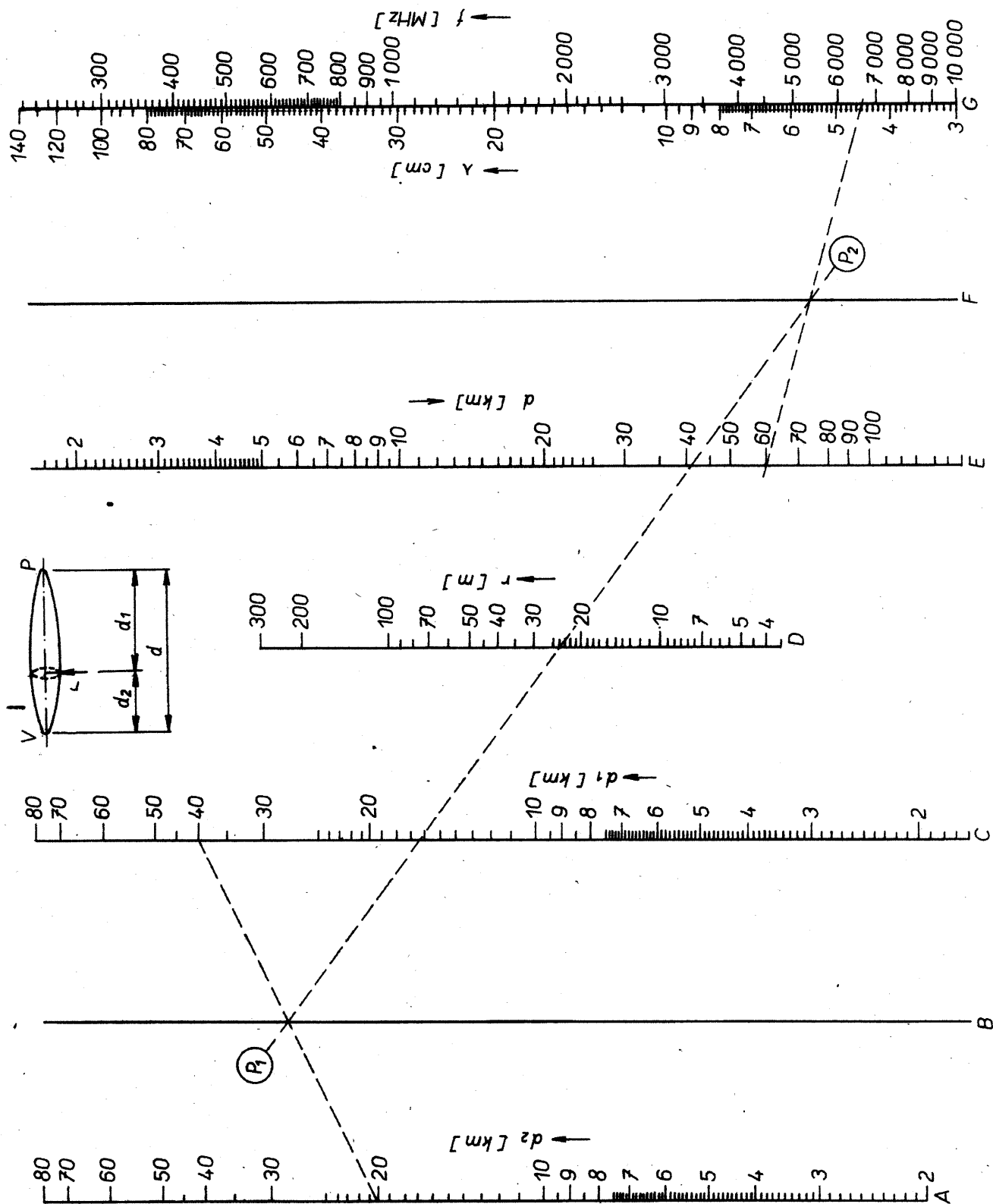
Příklad. Útlum mezi dvěma dipóly vzdálenými 50 km je při vlnové délce $\lambda = 1$ m a nepřizpůsobení přijímací antény ČSV = 3

$$L_c = 110,5 \text{ dB}.$$

Literatura:

Bullington, K.: Radio propagation variations at VHF and UHF. Proceedings I. R. E., sv. 38, leden 1950.

Určení volné první Fresnelovy zóny (obr. 3)



Volná první Fresnelova zóna (clearance of the 1st Fresnel zone, freie erste Fresnel zone) ohraničuje rozhodující oblast, která má vliv na šíření radiových vln nad členitým povrchem Země. Je tvořena elipsoidem, jehož hlavní osa je totožná se spojnici mezi vysílací a přijímací anténou, obě antény jsou v ohniscích elipsoidu.

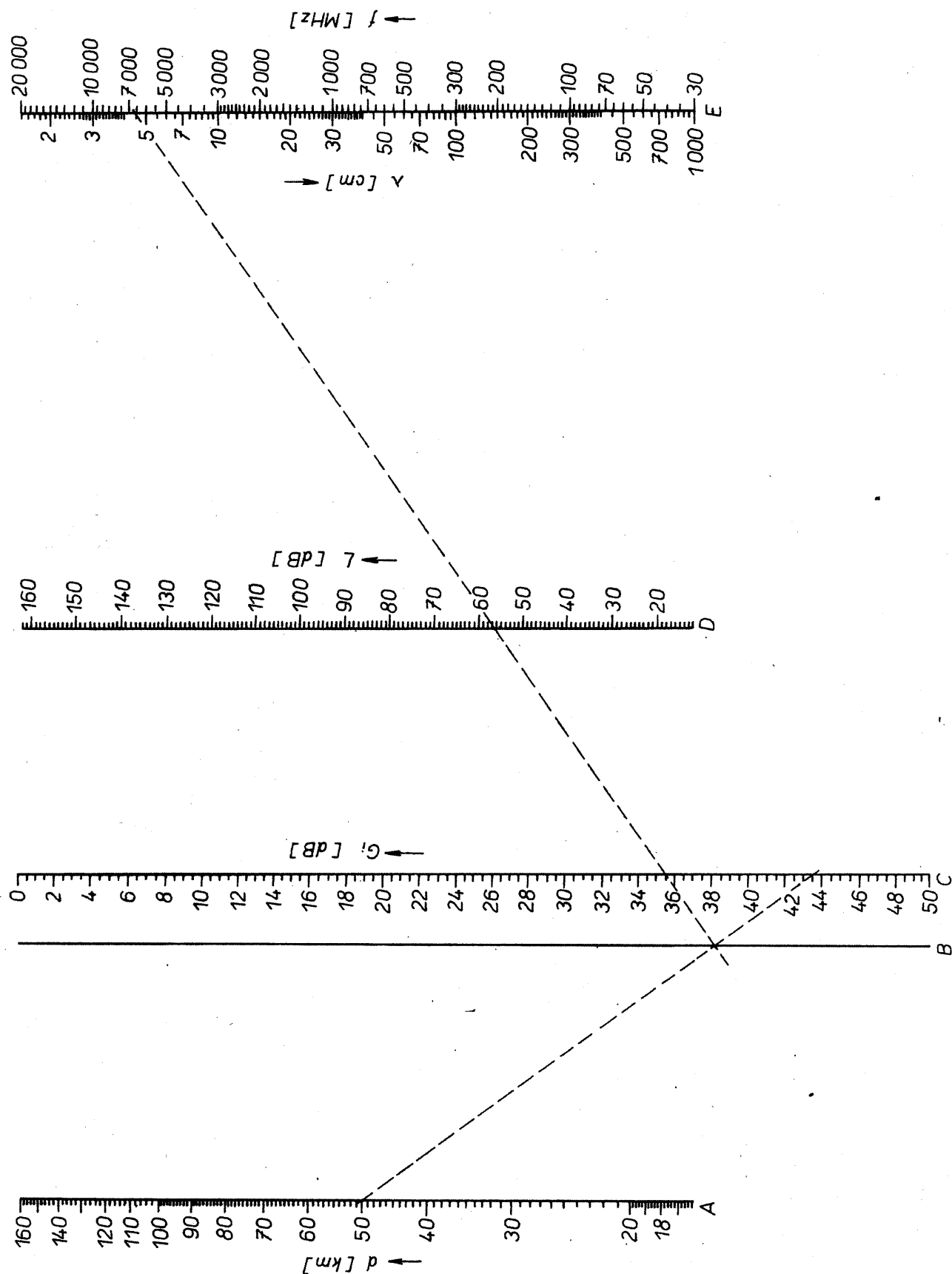
Vzdálenost d_2 [km] mezi vysílací anténou (V) a zkoumanou překážkou

vyneseme na osu A a vzdálenost d_1 [km] mezi překážkou a přijímací anténou (P) vyneseme na osu B. Oba body spojíme přímkou, která vytné průsečík P_1 na ose B. Potom celkovou vzdálenost d [km] mezi anténami vyneseme na osu E a vlnovou délku λ [cm] nebo kmitočet f [MHz] na osu G. Oba body spojíme přímkou, která vytné na ose F bod P_2 . Body P_1 a P_2 spojíme přímkou, která vytné na ose D poloměr r první Fresne-

lové zóny v místě překážky. Je-li výška překážky menší než poloměr, je zóna volná a naopak.

Příklad. Na trase dlouhé 20 a 40 km má při vlnové délce $\lambda = 4,5$ cm první Fresnelova zóna v místě překážky poloměr $r = 24$ m.

Útlum na trase radiového spojení (obr. 4)



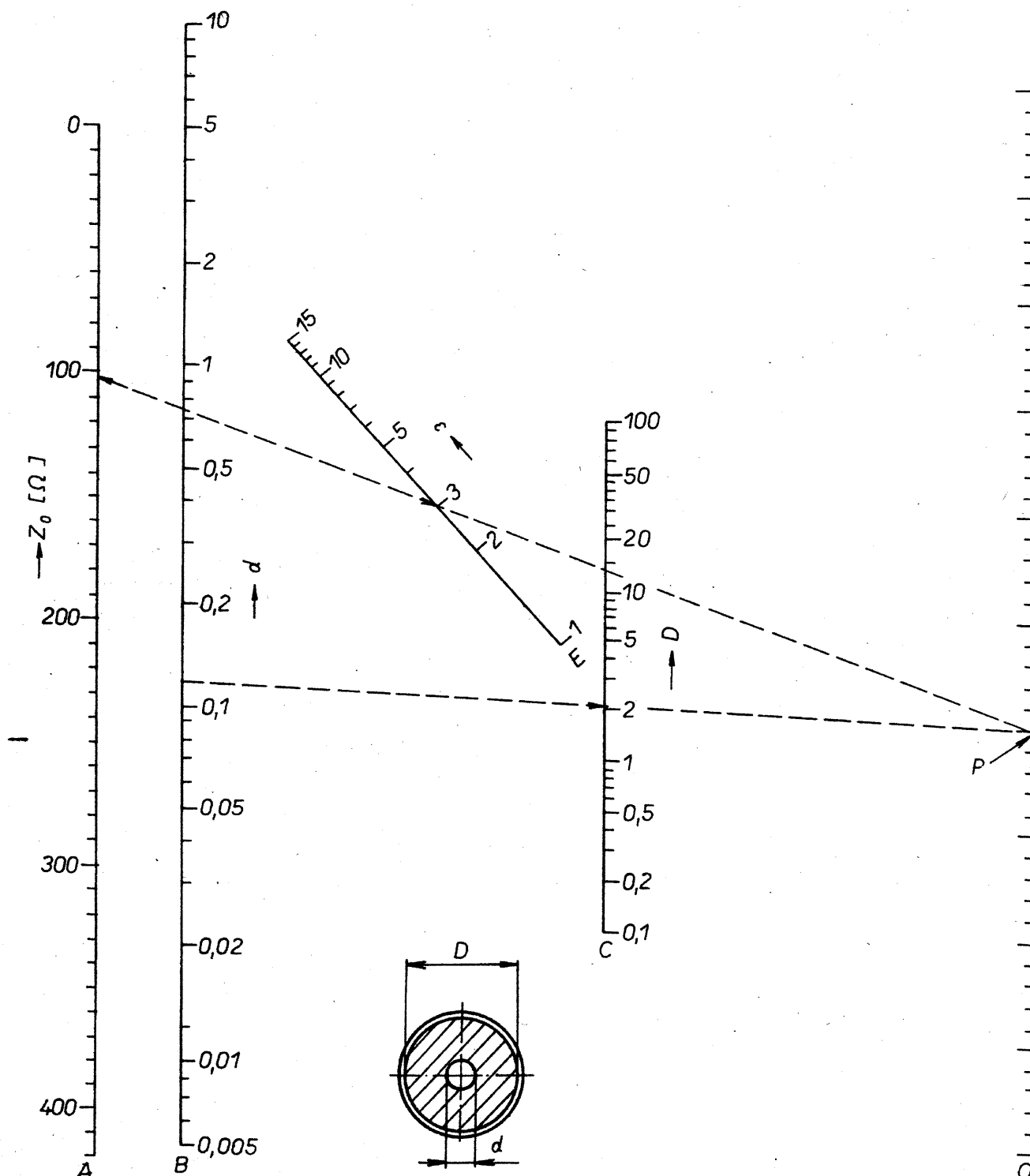
Nomogram pro útlum na trase radiového spojení (path attenuation, Funkfelddämpfung) doplňuje nomogram pro útlum ve volném prostoru mezi dvěma izotropními anténami.

Předpokládá se, že obě antény mají stejný zisk G_i (vůči izotropní anténě). K určení útlumu vyneseme na ose A vzdálenost d [km] mezi anténami a zisk G_i [dB] antén na osu C. Spojnice obou veličin vytne na pomocné ose B bod P. Tento bod spojíme přímkou s údajem o vlnové délce

λ [cm] nebo kmitočtu f [MHz] na ose E. Přímka vytne na ose D útlum L [dB] na trase radiového spojení.

Příklad. Pro vlnovou délku $\lambda = 4,5$ cm je útlum na trase v délce 50 km za použití antén se ziskem 43,5 dB přibližně 56 dB.

Charakteristická impedance souosého vedení s pevným dielektrikem (obr. 5)



Charakteristickou impedanci (characteristic impedance, charakteristische Impedanz) souosého (koaxiálního) vedení s bezseztrátovým dielektrikem (vyplňujícím zcela prostor mezi vodiči) a s dokonalými vodiči určíme tak, že na osy B resp. C vynese-
me velikost průměru d vnitřního vodiče resp. velikost vnitřního průměru D vnějšího vodiče a spojíme je přímkou, která vytné na pomocné ose O bod P, který spojíme s údajem o permitivitě (dielektrické konstantě) ϵ dielektrika na ose E. Tato přímká pak na ose A

vytné velikost charakteristické impedance.

(Pozn. Rozměry d a D musí být udány ve stejných jednotkách.)

Příklad. Je dáno $d = 0,12$ cm, $D = 2,1$ cm, $\epsilon = 3,0$; charakteristická impedance takového souosého vedení je $Z_0 = 100 \Omega$.

Permitivity ϵ a ztrátové úhly $\text{tg } \delta \cdot 10^{-4}$ některých materiálů

Teflon - $\epsilon = 2,1$ (3 GHz), 2,08 (10 GHz),
 $\text{tg } \delta = 1,5$ (3 GHz), 3,7 (10 GHz).

Polyetylen - $\epsilon = 2,21$ až 2,26

(1 až 10 GHz),

$\text{tg } \delta = 2$ až 4 (1 až 3 GHz),
2 až 5 (10 GHz).

Polystyren - $\epsilon = 2,5$ (1 až 10 GHz),

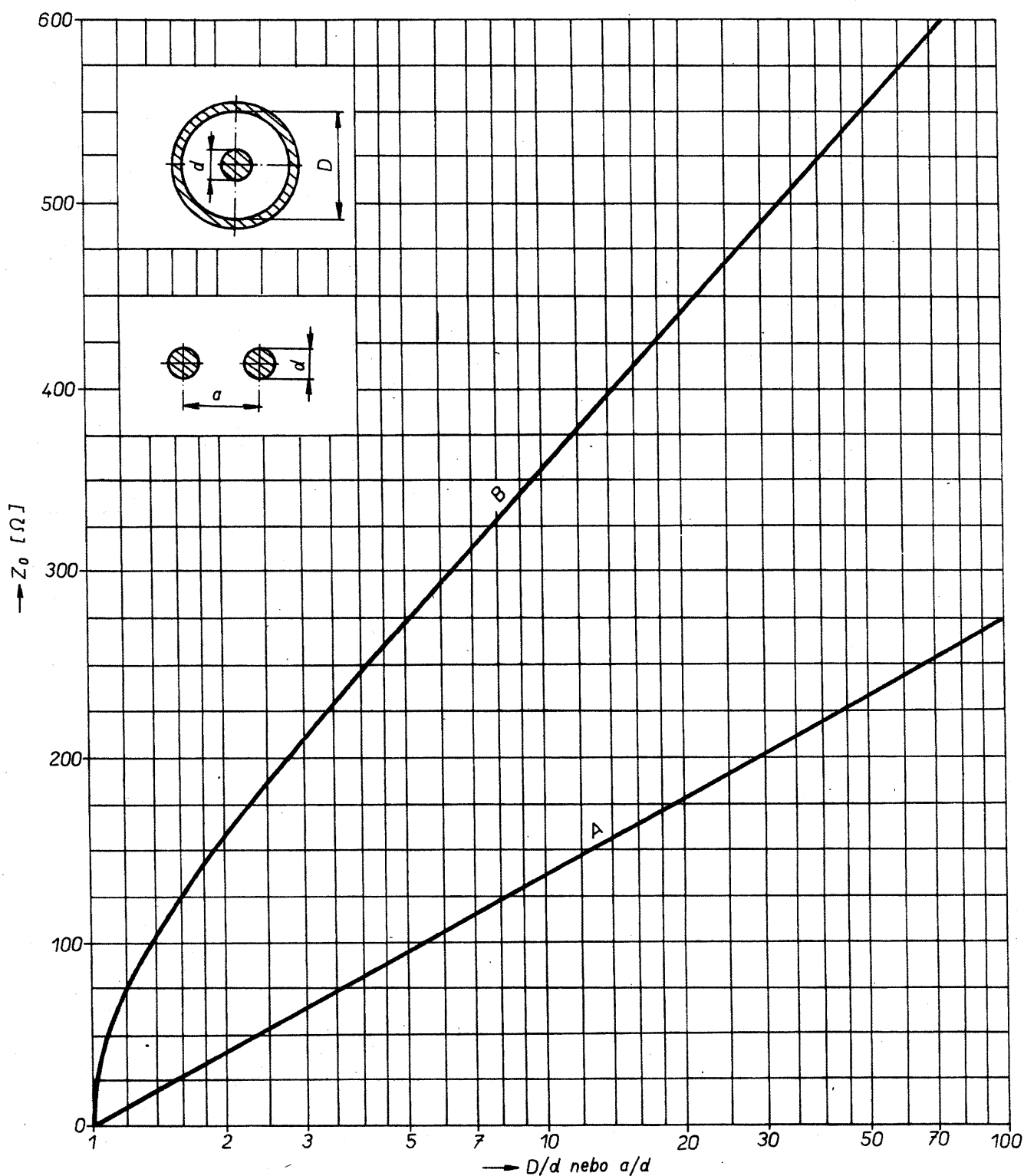
$\text{tg } \delta = 1$ až 4,5 (1 GHz),
2 až 5 (3 GHz),
3 až 7 (10 GHz).

Polyst. pěnový - $\epsilon = 1,05$ (3 až 10 GHz),
 $\text{tg } \delta = 0,3$ (3 GHz).

(Další materiály na str. 128)

B4
95

Charakteristická impedace dvoudrátového a sousého vedení se vzduchovým dielektrikem (obr. 6)



V grafu je uvedena charakteristická impedace Z_0 jednak sousého vedení (křivka A) a jednak dvoudrátového vedení (křivka B) jako funkce poměru mezi průměry vodičů D/d a

poměru mezi osovou vzdáleností a a průměrem d jednoho z vodičů dvoudrátového vedení (a/d). Graf vychází ze vztahů pro charakteristickou impedanci dvoudrátového vedení

$$Z_0 = 276 \cdot \sqrt{\mu_r/\epsilon_r} \log [a/d + \sqrt{a^2/d^2 - 1}]$$

a sousého (koaxiálního) vedení

$$Z_0 = 138 \cdot \sqrt{\mu_r/\epsilon_r} \log D/d$$

(pro $\epsilon_r = 1$ a $\mu_r = 1$)

Permitivity a ztrátové úhly dalších materiálů

Polymetylmetakrylát („plexisklo“) -

$\epsilon = 2,6$ (3 až 10 GHz),

$\tan \delta = 57$ (3 GHz), 67 (10 GHz).

Slída - $\epsilon = 5,4$ (1 až 10 GHz),

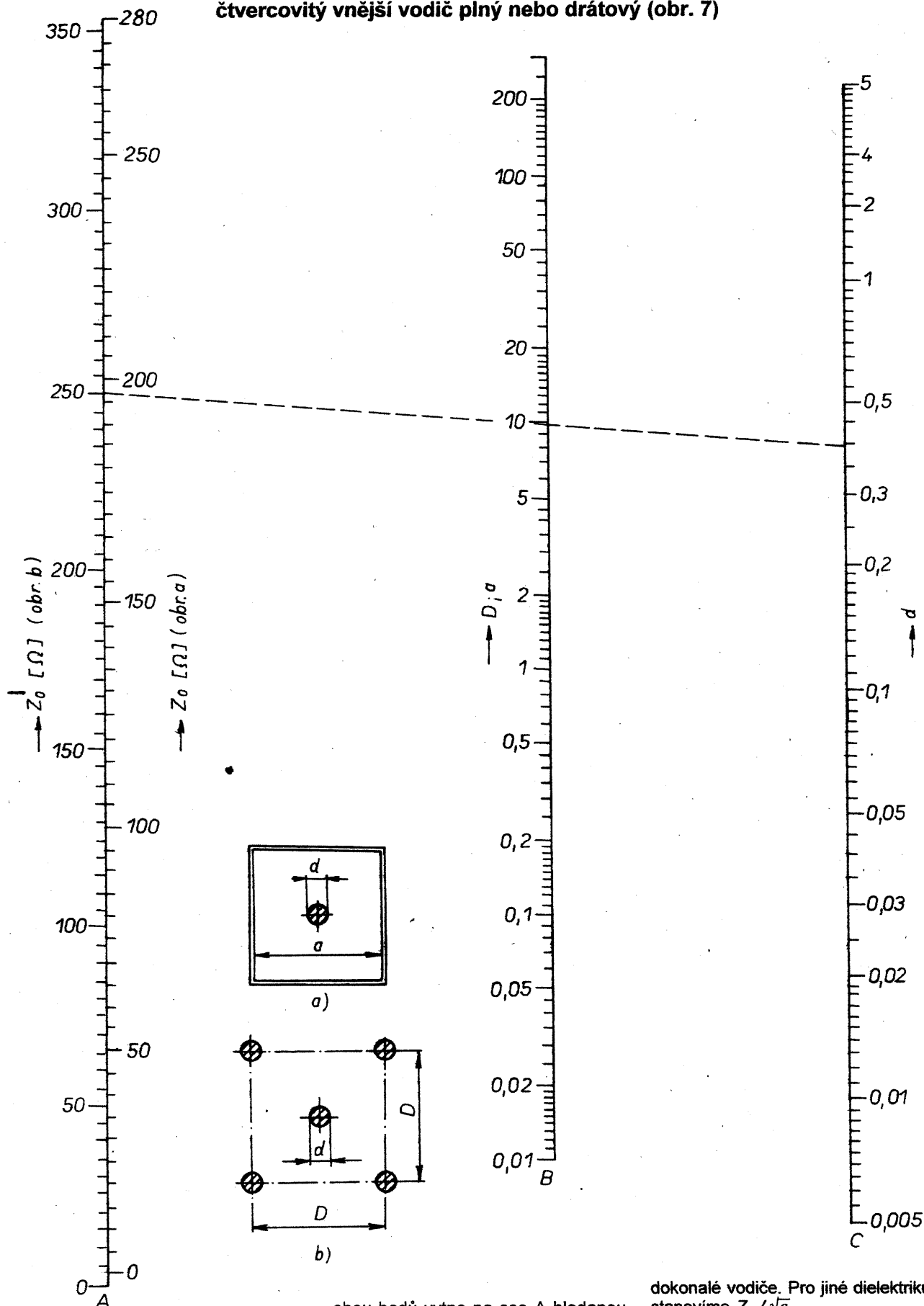
$\tan \delta = 2,5$ až 3 ((1 až 10 GHz).

Sklo pro vř. techniku -

$\epsilon = 4$ (1 až 10 GHz),

$\tan \delta = 12, 19, 21$ (1, 3, 21 GHz)

Charakteristická impedance vedení -
čtvercový vnější vodič plný nebo drátový (obr. 7)



Na osu B se vynášejí rozteče D čtyřdrátu, resp. vnitřní rozměr a čtvercovitého pláště. Na osu C se vynášejí průměr d středního vodiče. Spojnice

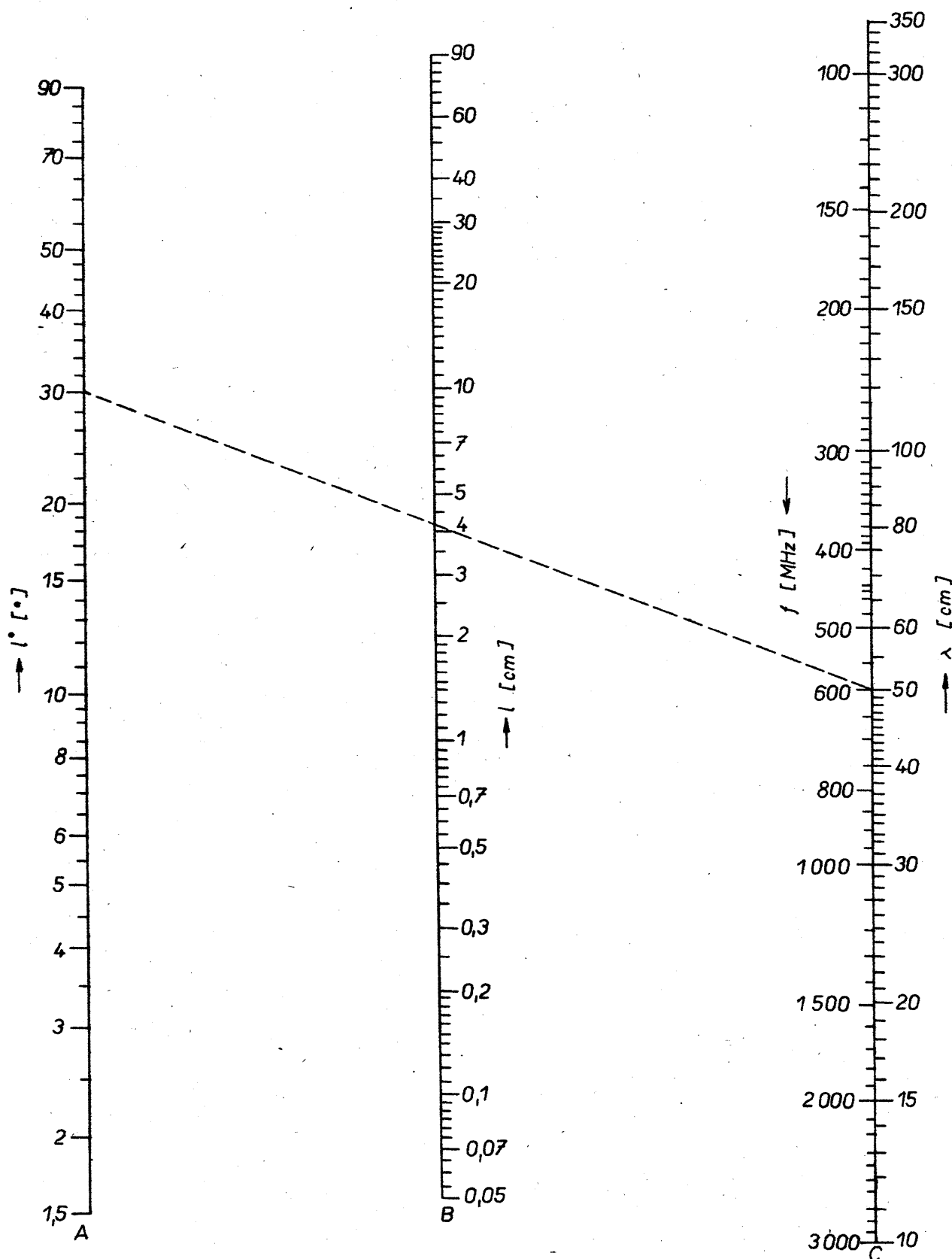
obou bodů vynes na ose A hledanou charakteristickou impedanci Z_0 a to buď na stupnici pro uspořádání podle obr. a nebo b. Pro údaje D , d a a je třeba použít stejné jednotky. Předpokládá se vzduchové dielektrikum a

dokonalé vodiče. Pro jiné dielektrikum stanovíme $Z_0 / \sqrt{\epsilon}$.

Příklad: $d = 0,4 \text{ cm}$, $a = 10 \text{ cm}$;
 $Z_0 = 197 \Omega$.

B4
95

Elektrická délka vedení (obr. 8)



Elektrická délka l' (souosého, dvoudrátového apod.) vedení závisí na kmitočtu vlnění f [MHz], které se šíří podél vedení geometrické délky l .

Údaj elektrické délky je ve stupních, což je výhodné pro další výpočty ($l' = 90^\circ$ znamená, že vedení má elektrickou délku čtvrt vlny) a je dán vztahem

$$l' = (360 \cdot l) / \lambda \quad [^\circ]$$

Vedení naplněné dielektrikem s permitivitou (dielektrickou konstan-

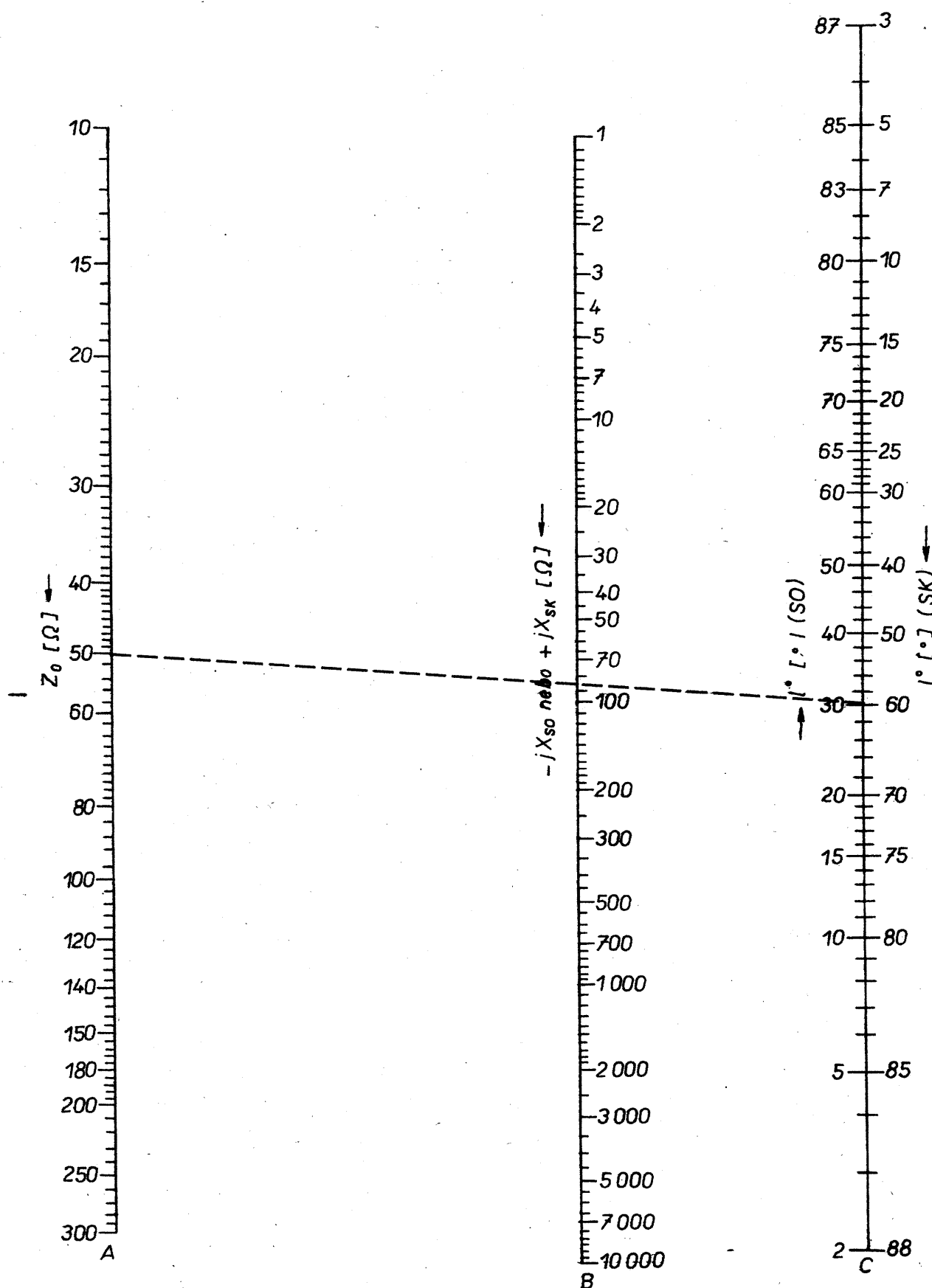
tou) ϵ je elektricky delší a platí, že jeho délka

$$l_d = l \cdot \sqrt{\epsilon}$$

Pozn. Předpokládá se bezeztrátové dielektrikum a dokonalé vodiče.

Příklad: $l = 4,2$ cm, $\lambda = 50$ cm; $l' = 30^\circ$.

Vstupní reaktance vedení naprázdno a nakrátko (obr. 9)



Vstupní reaktanci vedení (input reaktance, Leitungsreaktanz) naprázdno a nakrátko lze určit z elektrické délky l° vedení, která se vynese na osu C a to na stupnici SO pro vedení

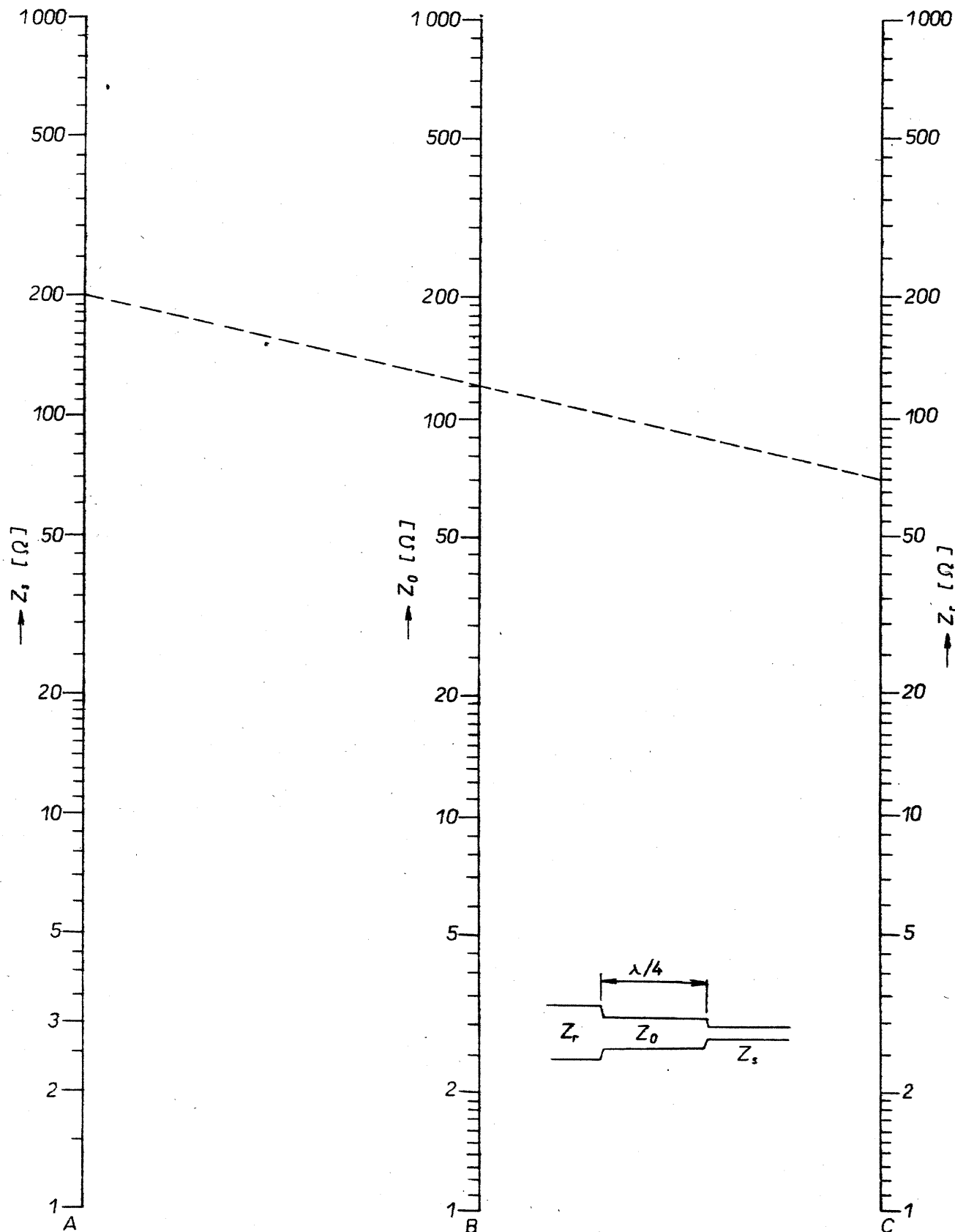
naprázdno a SK pro vedení nakrátko. Spojnice s údajem charakteristické impedance $Z_0 [\Omega]$ na ose A vytne na ose B údaj o vstupní reaktanci vedení naprázdno $-jX_{so}$, nebo nakrátko $+jX_{sk}$.

Příklad: $l^\circ_{so} = 30^\circ$, $Z_0 = 50 \Omega$; $X_{so} = -j86 \Omega$.

B4
95

Amatérské RÁDIO 131

Čtvrťvlnný transformátor (obr. 10)



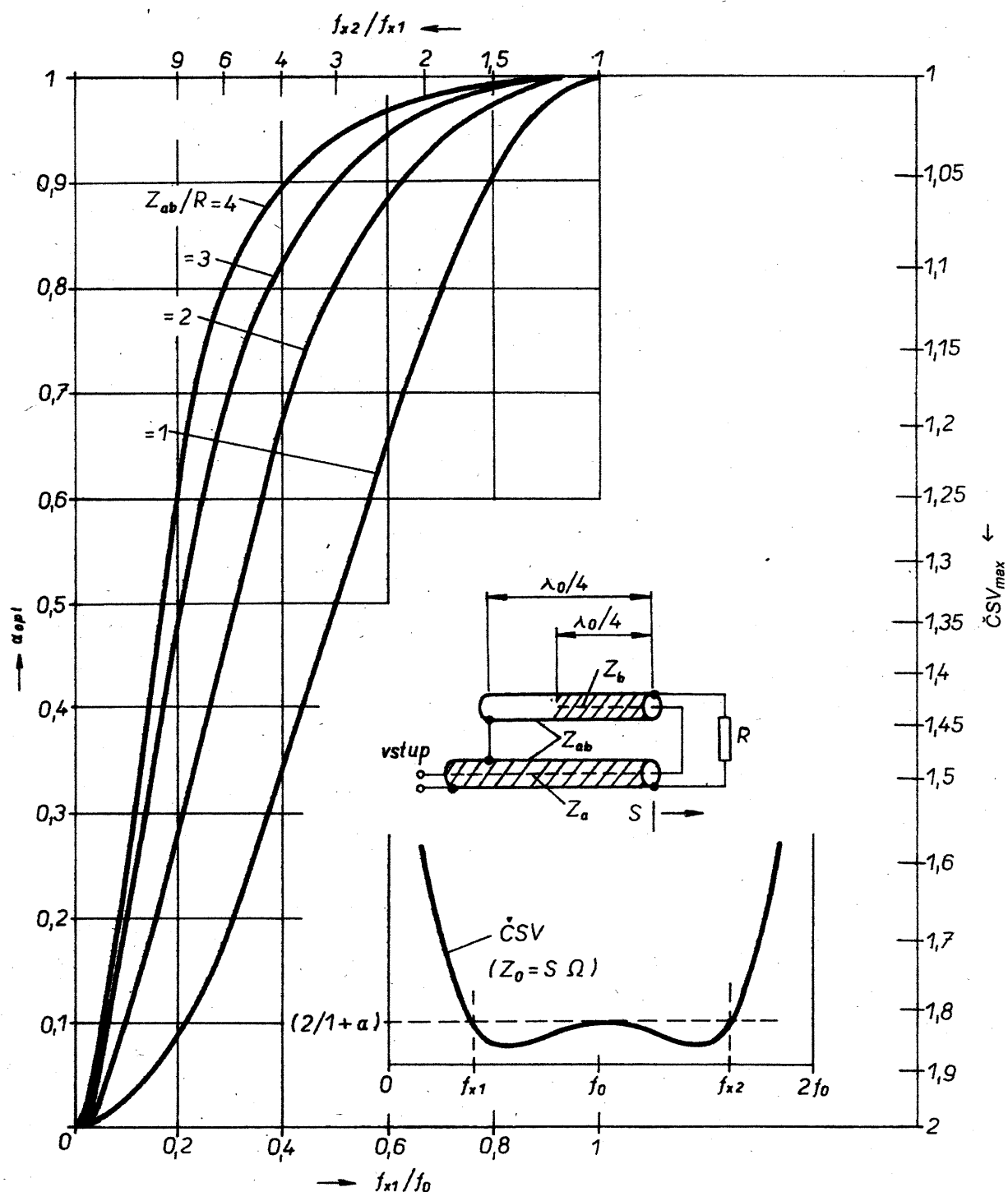
Čtvrťvlnný transformátor (quarter-wave transformer, Viertelwellentransformator) je čtvrťvlnný úsek vedení,

sloužící k impedančnímu přizpůsobení dvou reálných odporů, resp. dvou vedení s charakteristickými impedancemi Z_R a Z_S a to podle vztahu

$$Z_0 = \sqrt{Z_R \cdot Z_S}$$

na ose B z průsečíku spojnice dvou impedancí Z_S a Z_R , které vyneseme na ose A a ose C.

Širokopásmový kompenzovaný „balun“ (obr. 11)



„Balun“ (balanced-to-unbalanced line transformer, Breibandsymmetrier-transformator) slouží k připojení souosého vedení na souměrnou impedanci (dipól apod.). Uvedený typ je schopen širokopásmově přizpůsobit impedanci generátoru a zátěže pro kmitočtové pásmo 1:4, popř. 13:1.

Použité veličiny a vztahy:
 $\check{C}SV_{max} = 2/(1 + \alpha)$, maximální dovolený činitel stojatých vln na vstupu,
 R = zatěžovací impedance,
 Z_b = charakteristická impedance kompenzačního vedení naprázdno,
 Z_{ab} = charakteristická impedance souměrného vedení nakrátko,
 S = optimální impedance při kmitočtu f_0 , $S = R/2(1 + \alpha)$,

α_{opt} = optimální velikost impedance,
 $\alpha_{opt} = Z_{ab}Z_b/R^2$,
 Z_a = impedance vhodná pro přizpůsobení impedance S k impedanci generátoru,
 $\lambda_0/4$ = elektrická délka vedení Z_b a Z_{ab} při kmitočtu f_0 .

Nomogram reprezentuje vztah mezi parametry Z_a , Z_{ab} , Z_b , R k požadovanému maximálnímu ČSV v pracovním pásmu f_{x1}/f_0 nebo f_{x2}/f_{x1} .

Nejprve se určí prakticky realizovatelná charakteristická impedance Z_{ab} souměrného vedení (volíme co možno největší). Pro požadovanou šířku pásma f_{x1}/f_0 , popř. f_{x2}/f_{x1} a zvolený poměr Z_{ab}/R se přečte dosažitelný ČSV_{max} a α_{opt} . Ze vztahu pro α_{opt}

se určí charakteristická impedance úseku kompenzačního vedení

$$Z_b = (\alpha R^2)/Z_{ab}$$

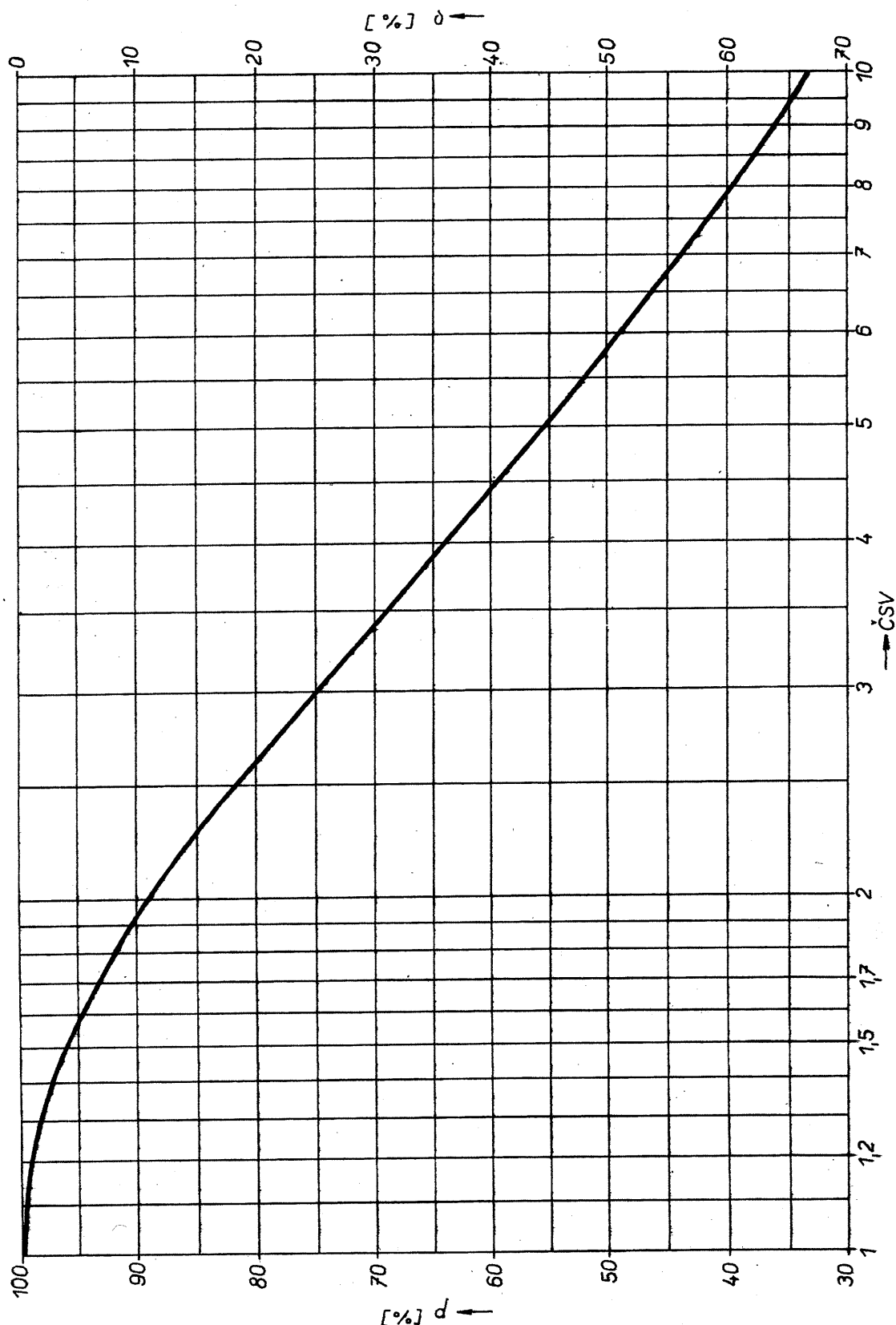
a kontroluje se, je-li realizovatelná s daným vodičem souměrného vedení (předpokládá se použití dielektrika). Dále se stanoví impedance S a určí transformační impedance Z_a (předpokládá se použití dielektrika).

Příklad: $R = 50 \Omega$, $Z_{ab} = 200 \Omega$, $\check{C}SV = 1,2$, $\alpha = 0,66$, $Z_b = 8,25 \Omega$, $S = 15 \Omega$, $f_{x1}/f_0 = 0,22$.

Lit.: Oltman, H. G.: *The Compensated Balun*. IEEE Trans. MTT, sv. 14, č. 3/1966.

B4
95

Ztráty na vedení (obr. 12)



Impedanční nepřizpůsobení vedení má za následek ztráty na přenesené energii nebo zkreslení přenášené informace. Impedanční nepřizpůsobení se v praxi nejčastěji udává tzv. činitelem stojatých vln, ČSV (též poměr

stojatých vln, PSV), někdy též přímo koeficientem odrazu ρ , pro který platí

$$\text{ČSV} = (1 + |\rho|) / (1 - |\rho|)$$

nebo

$$p = (\text{ČSV} - 1) / (\text{ČSV} + 1)$$

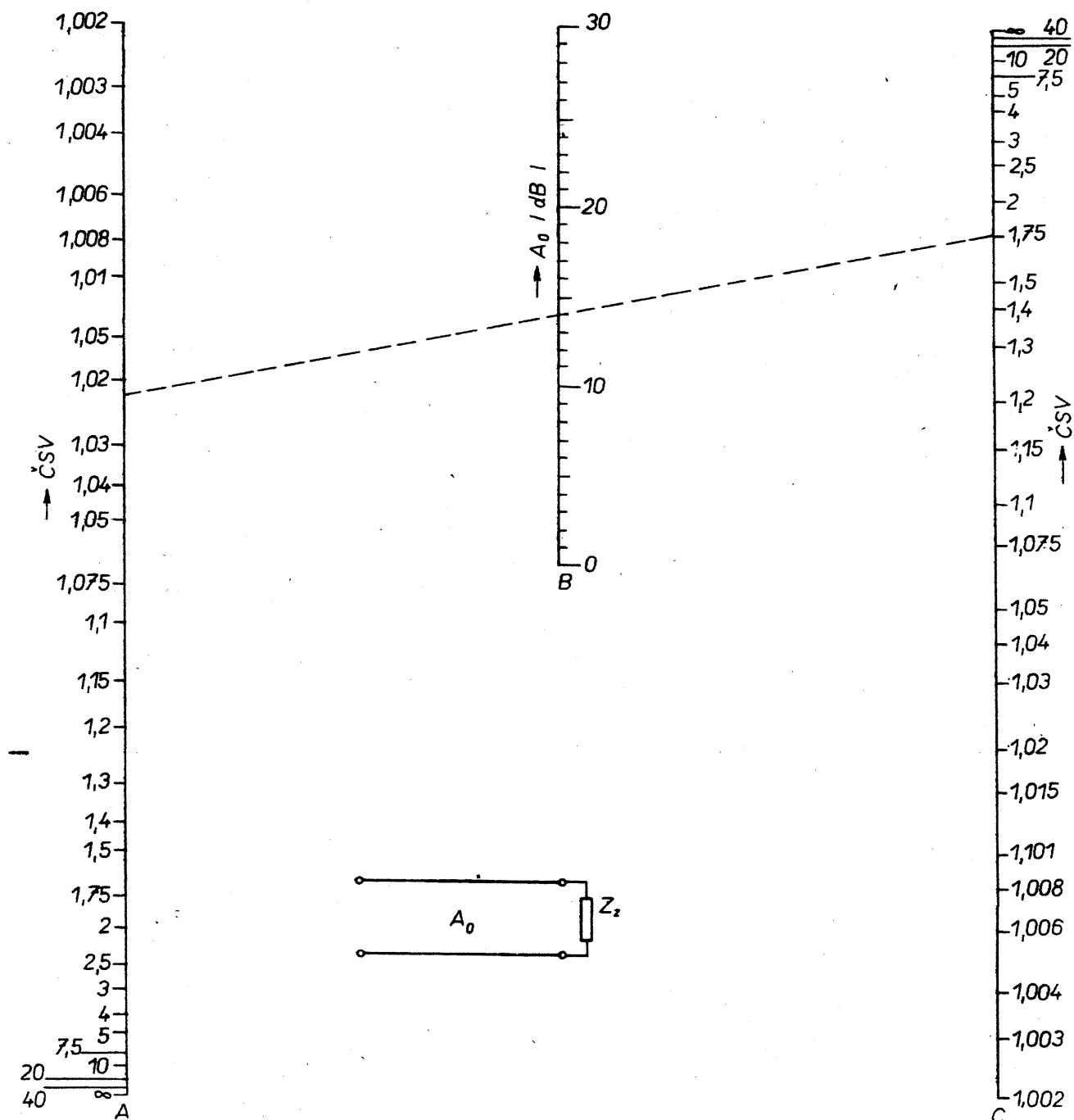
Vztah mezi přeneseným a odraženým výkonem na nepřizpůsobeném vedení se určí ze vztahu mezi tzv. koeficientem přenosu p a koeficientem

odrazu ρ

$$p = 1 - \rho^2$$

K rychlému určení přeneseného i odraženého výkonu slouží graf, v němž koeficient ρ udává poměr výkonů odraženého / přicházejícího (P_r/P_d) a koeficient p udává poměr výkonů přeneseného / přicházejícího (P_v/P_d).

**K určení činitele stojatých vln u vedení s vlastními ztrátami
(malý ČSV - obr. 13, velký ČSV - obr. 14)**



Obr. 13. K určení činitele stojatých vln u vedení s vlastními ztrátami pro malé ČSV

Literatura:

- Prokop, J.; Vokurka, J.: Šíření elektromagnetických vln a antény. SNTL, ALFA: Praha 1980.
Procházka, M.; Nešpor, J.: Příručka projektování mikrovlnných dílů anténních systémů. ČSVTS: LET Kunovice 1988.

B4
95

Amatérská RADIO 135

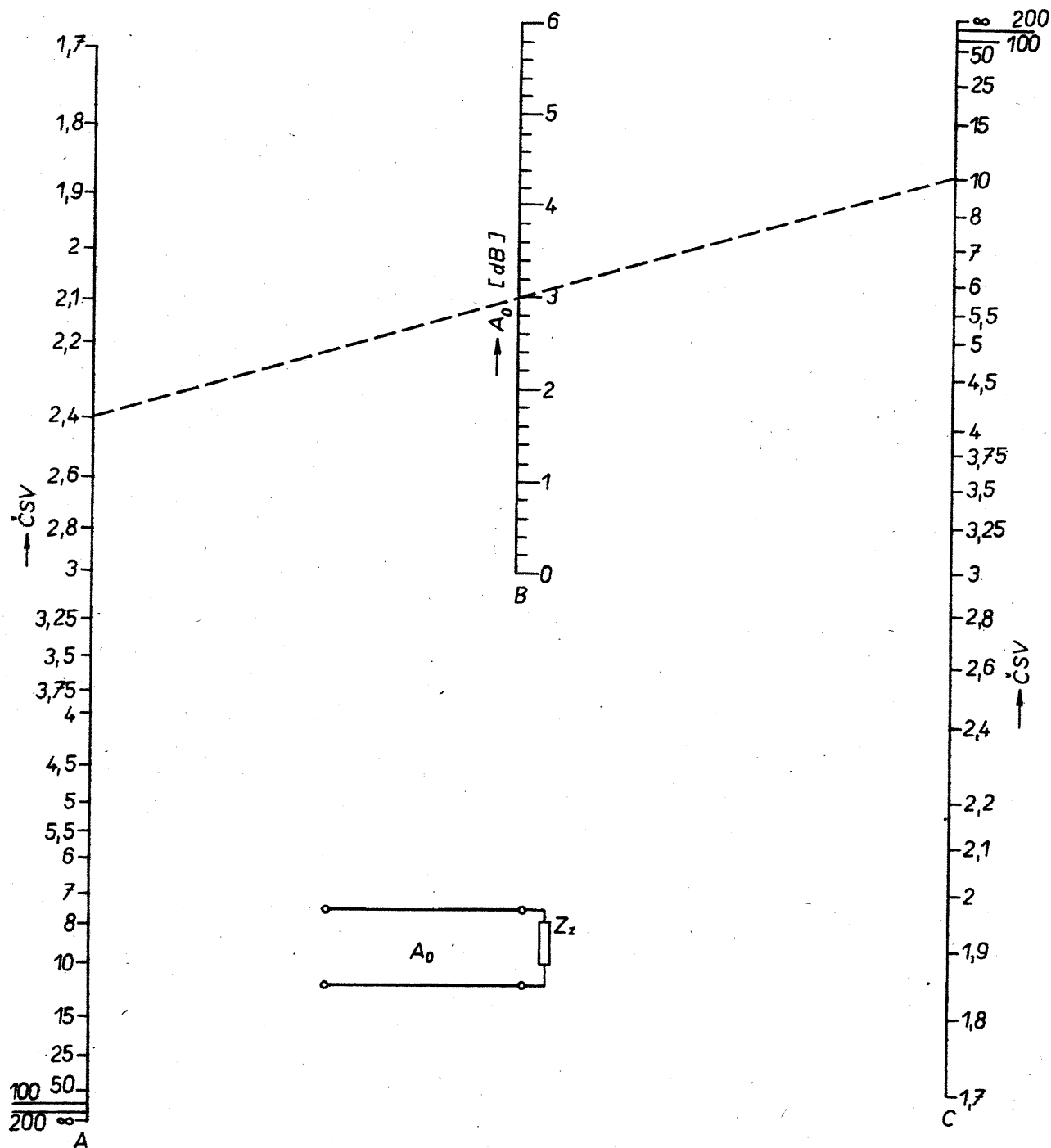
Nomogram na obr. 12 určoval ztráty na vedení za předpokladu zanedbatelných ztrát ve vlastním vedení (činných, „ohmických“ ztrát). Vedení s vlastními ztrátami A_0 [dB] způsobí, že činitel stojatých vln na vstupu vedení bude menší než u zátěže Z_L a naopak.

Následující dva nomogramy (obr. 13 a 14) umožňují určit činitele stojatých vln na vstupu vedení pro jeho malé a velké hodnoty. K určení ČSV na vstupu vedení vyneseme velikost ČSV u zátěže na osu C a vlastní útlum vedení na osu B. Spojnice obou bodů vytne na ose A údaj ČSV na vstupu vedení.

K určení ČSV u zátěže v závislosti na činiteli stojatého vedení na vstupu postupujeme obráceně od osy A.

Příklady: Je-li u zátěže činitel stojatého vlnění $\text{ČSV} = 1,75$, pak při útlumu vedení $A_0 = 14$ dB je činitel stojatého vlnění na vstupu vedení pouze $\text{ČSV} = 1,022$.

Přijímací televizní anténa má na svorkách $\text{ČSV} = 2,5$. K přijímači je připojena koaxiálním (souosým) kabelem (např. VCEHY-75) o délce 25 m. Na IV. TV pásmu bude mít kabel útlum asi 5 dB, takže na vstupu kabelu bude ČSV asi 1,3.



Obr. 14. K určení činitele stojatých vln u vedení s vlastními ztrátami pro velké ČSV

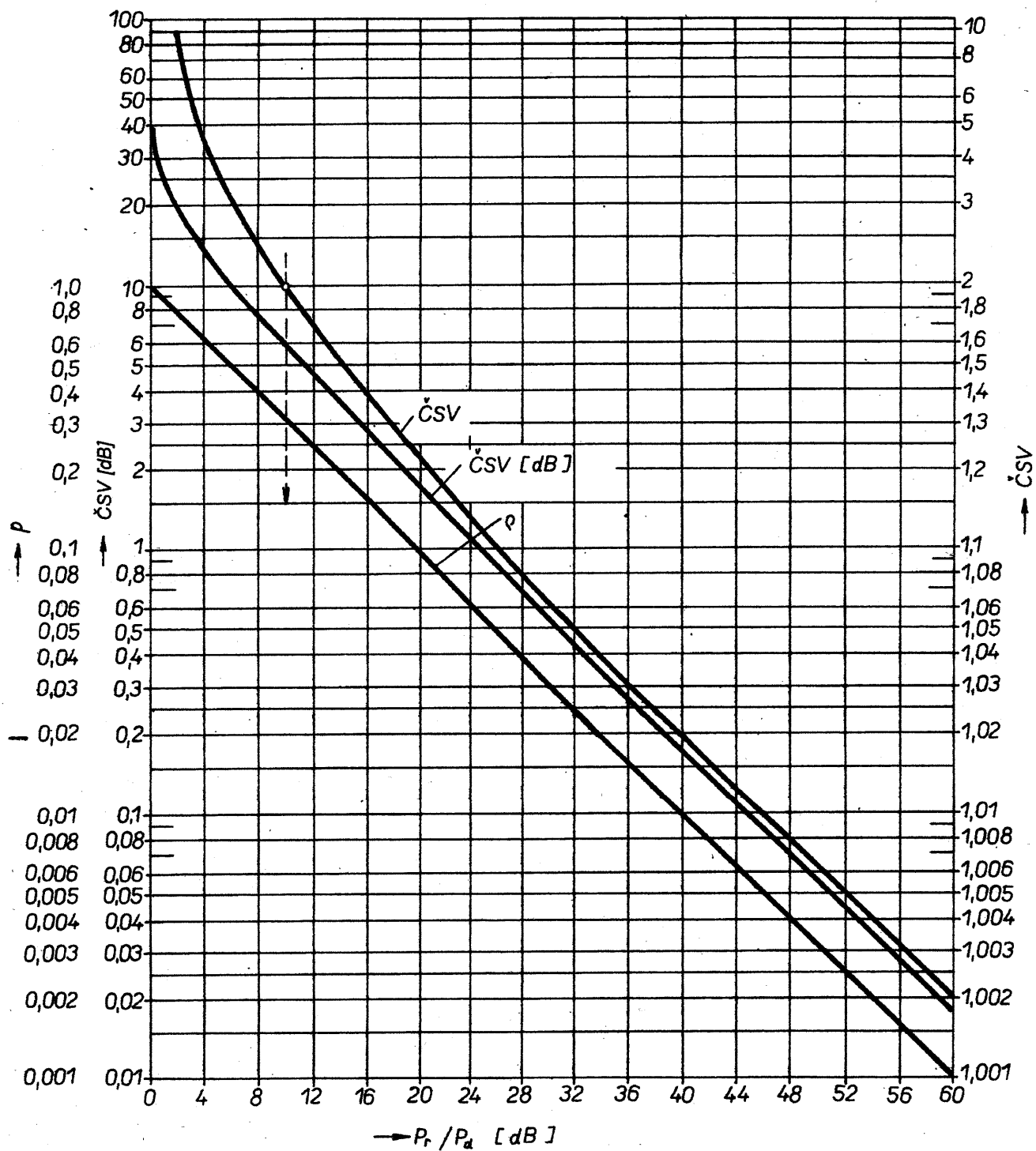
Příklad: Velmi zkrácený dipól s $\text{ČSV} = 10$ má minimálně ovlivnit laděný výstup vysílače. Použijeme vedení s útlumem 3 dB, u vysílače bude $\text{ČSV} = 2,4$.

Vybrané parametry koaxiálních (souosých) kabelů

Typ	Z_0 [Ω]	Měrný útlum [dB/100 m] pro kmitočet [MHz]			Dielektrikum	Vnější průměr [mm]	Výrobce
		100	460	960			
VCEHY-75-4,8	75	8,4	18,8	29	plně PE 4,8 balon. PE 4,4 balon. PE 9,5	7,1	Kabel. Děčín
VCBFE-75-4,4	75	5,8	13,5	19,2		8,5	
VCBFE-75-9,5	75	2,7	6,1	9,4		15,2	
		150	450	960			
FSJ1-75	75	7,58	13,7	20,8	PE spec.	6,4	Helix- Andrew
FSJ4-75A	75	3,9	7,07	10,8		12,2	
FSJ1-50A	50	7,32	12,9	19,3		6,4	
FSJ2-50	50	4,9	8,73	13,1		9,5	

Z_0 [Ω] ... charakteristická impedence

Převodní křivky ČSV, ρ , dB (obr. 15)



Orientační a srovnávací tabulka vybraných pravoúhlých obdélníkových vlnovodů řady R

Provozní kmitočtový rozsah [GHz]	Střední délka vlny [cm]	Vnitřní rozměry [mm]		Typové označení	
		a	b	IEC	JAN
0,76 až 1,15	30	247,65	123,82	R9	RG-204/U
1,72 až 2,61	15	109,22	54,61	R22	RG-104/U
2,60 až 3,95	10	72,14	34,04	R32	RG-48/U
3,94 až 5,99	6	47,55	22,15	R48	RG-49/U
5,38 až 8,17	4	34,85	15,79	R70	RG-50/U
8,20 až 12,5	3	22,86	10,16	R100	RG-52/U
11,9 až 18,0	2	15,79	7,89	R140	RG-91/U
17,6 až 26,7	1,5	10,67	4,32	R220	RG-53/U
26,3 až 40,0	1,0	7,12	3,56	R320	RG-96/U

IEC...International Electrotechnical Commission (platné pro ČR)
JAN...American Military Standard Joint Army Navy

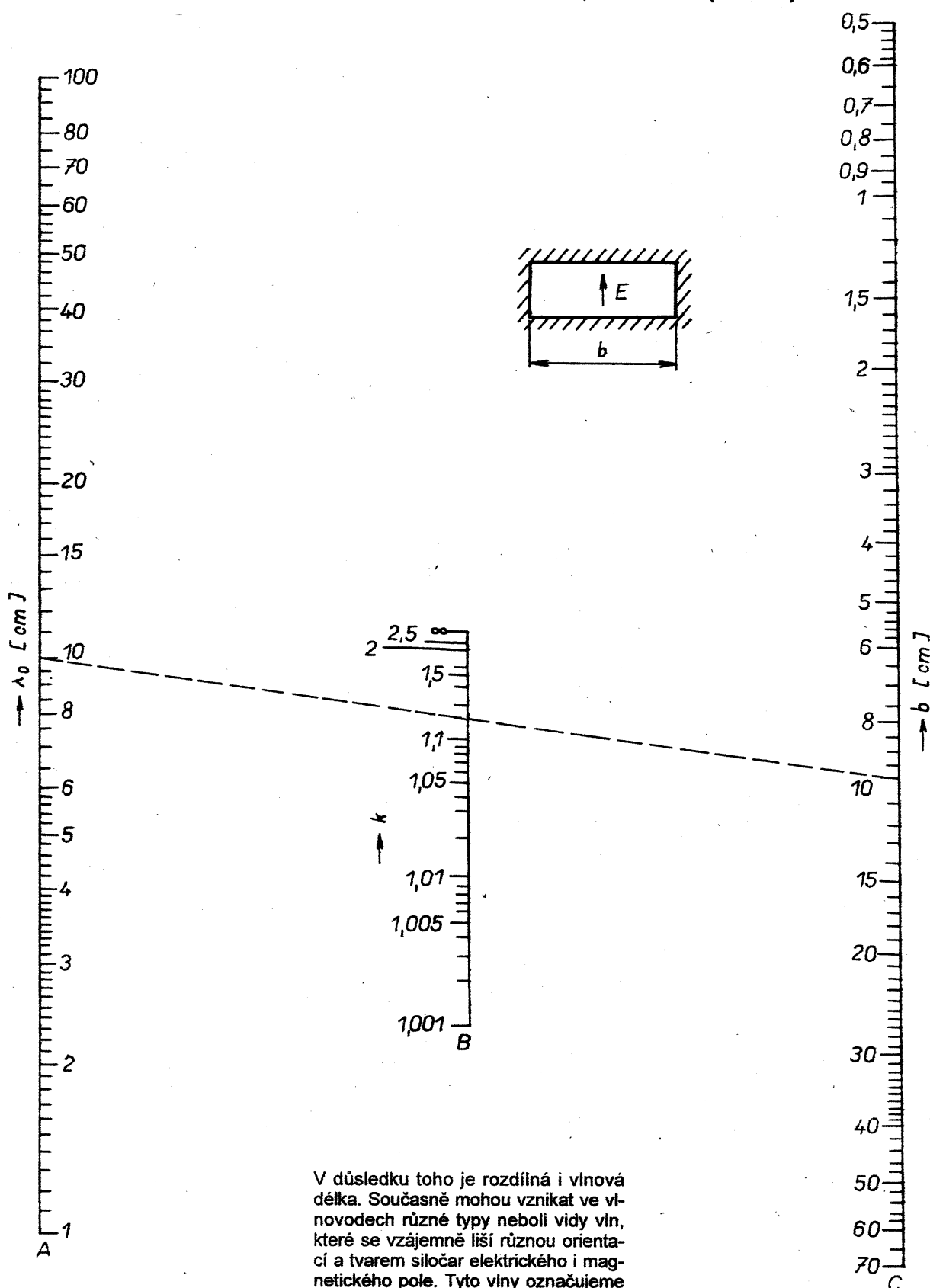
Převodní křivky slouží k vyjádření veličin ČSV, ρ a poměru výkonů odraženého P_r a přicházejícího P_d v dB.

Platí

$$P_r/P_d = -20 \log \rho$$

Příklad: ČSV = 2; ČSV = 6 dB,
 $\rho = 0,3$, $P_d/P_r = 10,45$ dB.

Vlnová délka v obdélníkovitém vlnovodu, vlna TE₀₁ (obr. 16)



Elektromagnetické vlnění se šíří ve vlnovodu (waveguide wave; Wellenleiter Welle) s rozdílnou rychlostí oproti rychlosti ve volném prostoru.

V důsledku toho je rozdílná i vlnová délka. Současně mohou vznikat ve vlnovodech různé typy neboli vidy vln, které se vzájemně liší různou orientací a tvarem siločar elektrického i magnetického pole. Tyto vlny označujeme buď jako příčné elektrické vlny TE_{mn} (H_{mn}) nebo příčné magnetické vlny TM_{mn} (E_{mn}).

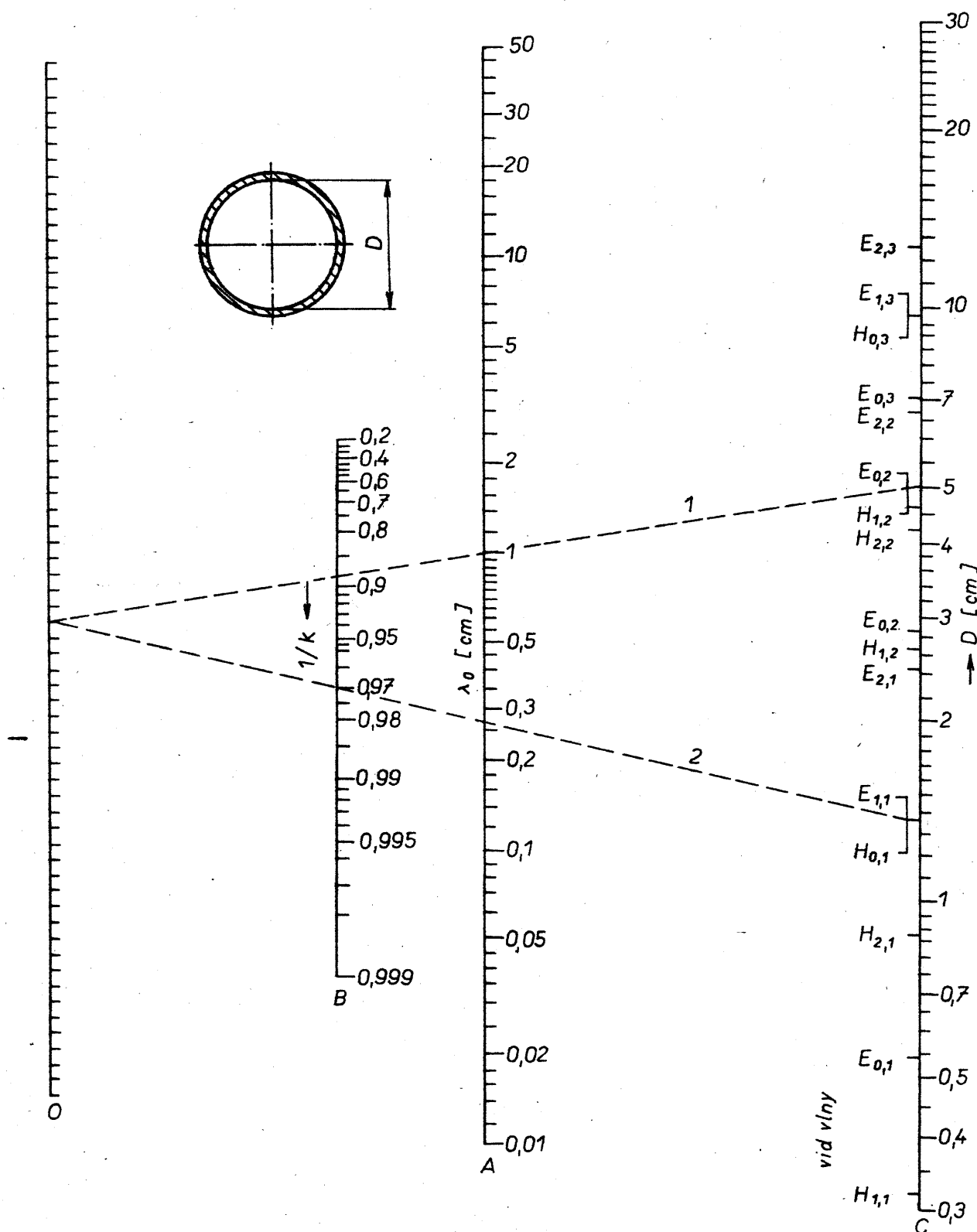
Nomogram určuje vlnovou délku v obdélníkovitém vlnovodu pro nejjednodušší a nejběžnější vlnu TE₀₁ (elektrický vektor vlnění je kolmý k rozměru b). Na ose C vyneseme rozměr b [cm] a na ose A vlnovou délku λ_0 [cm] ve vzduchu. Spojnice obou bodů

vytne na ose B velikost koeficientu k a pak platí, že vlnová délka ve vlnovodu $\lambda_g = k \cdot \lambda_0$.

Pozn.: Pro $b = \lambda_0/2$ je vlnovod nepropustný (mezní vlnová délka λ_c).

Příklad: $b = 10$ cm, $k = 1,15$; $\lambda_g = 11,5$ cm.

Vlnová délka v kruhovitém vlnovodu (obr. 17)



Podobně jako v obdélníkovitém vlnovodu se v kruhovitém vlnovodu šíří různé vidy vln různou rychlostí.

Na rozdíl od obdélníkovitého vlnovodu jsou v kruhovitém vlnovodu dva důležité vidy, a to základní, nejčastěji používaný vid TE_{11} (H_{11}) a vid TE_{01} (H_{01}), který vykazuje se zmenšující se vlnovou délkou menší útlum. Proto je tento vid výhodný pro dálkové přenosy mikrovlnné energie. V nomogramu

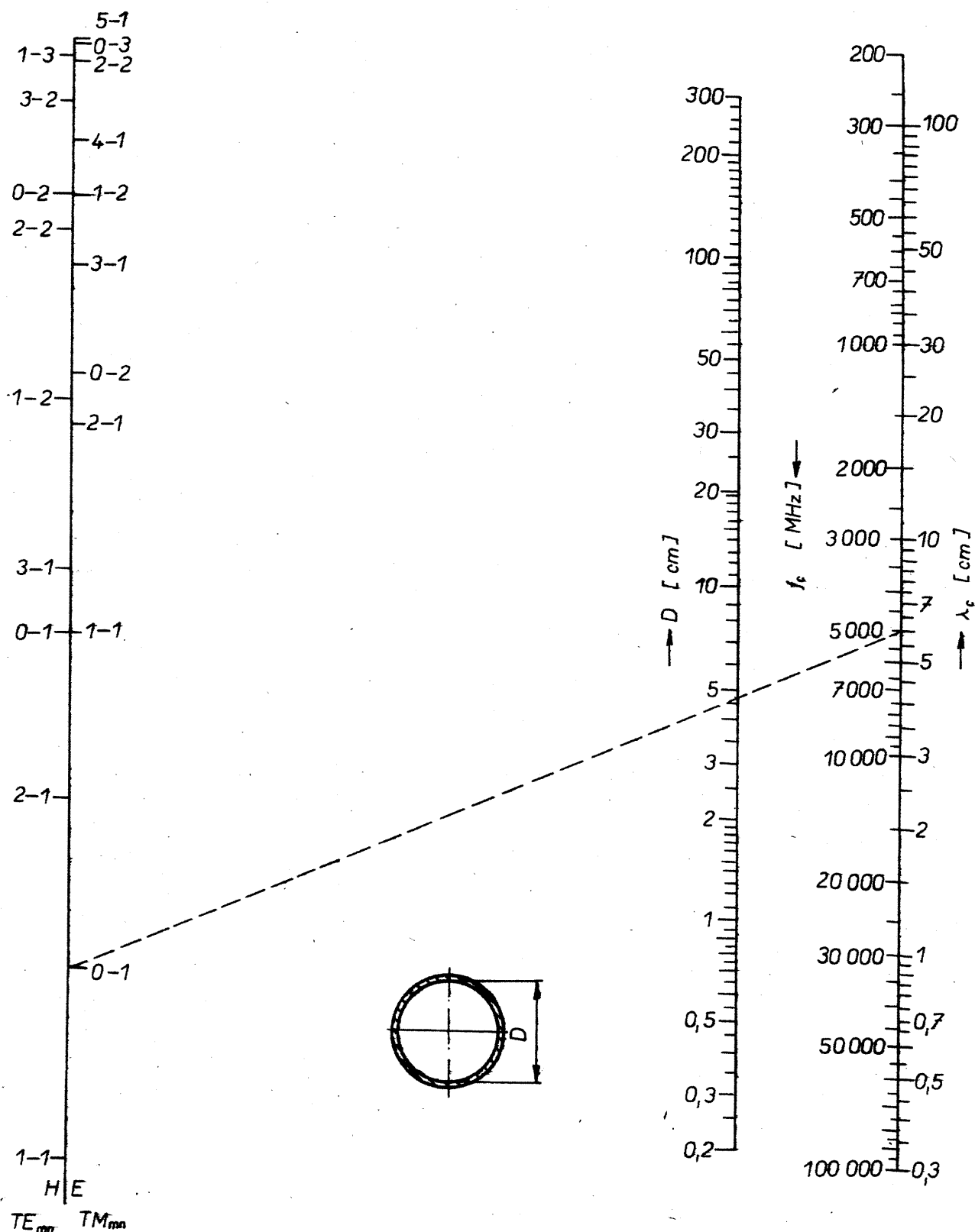
jsou vyznačeny ještě další vidy, které se však tak často nepoužívají.

Příklad: Pro vlnovou délku $\lambda_0 = 1$ cm a vlnovod o průměru $D = 5$ cm hledáme pro vlnu TE_{01} (H_{01}) délku vlny λ_g ve vlnovodu. Na ose C spojíme bod $D = 5$ cm s bodem $\lambda_0 = 1$ cm na ose A. Spojnice vytne na pomocné ose O bod, který spojíme se zvoleným videm vlny TE_{01}

na ose C. Spojnice vytne na ose B velikost koeficientu $1/k = 0,97$, takže vlnová délka

$$\lambda_g = 1,0/0,97 = 1,03 \text{ cm.}$$

Mezní vlnová délka v kruhovitém vlnovodu (obr. 18)



Mezní vlnová délka (critical wavelength, Grenzwellenlänge) v kruhovém vlnovodu je dána složitějším matematickým vztahem, než je tomu u obdélníkovitého vlnovodu.

Na nomogramu (obr. 18) zjistíme mezní kmitočet, resp. mezní vlnovou

délku spojnici údaje o průměru D [cm] vlnovodu a údaje o vidu použitého vlnění. Prodloužená spojnice pak vytne na ose pro f_c [MHz] údaj o mezním kmitočtu nebo mezní vlnové délce λ_c [MHz] (rozumí se ve volném prostoru).

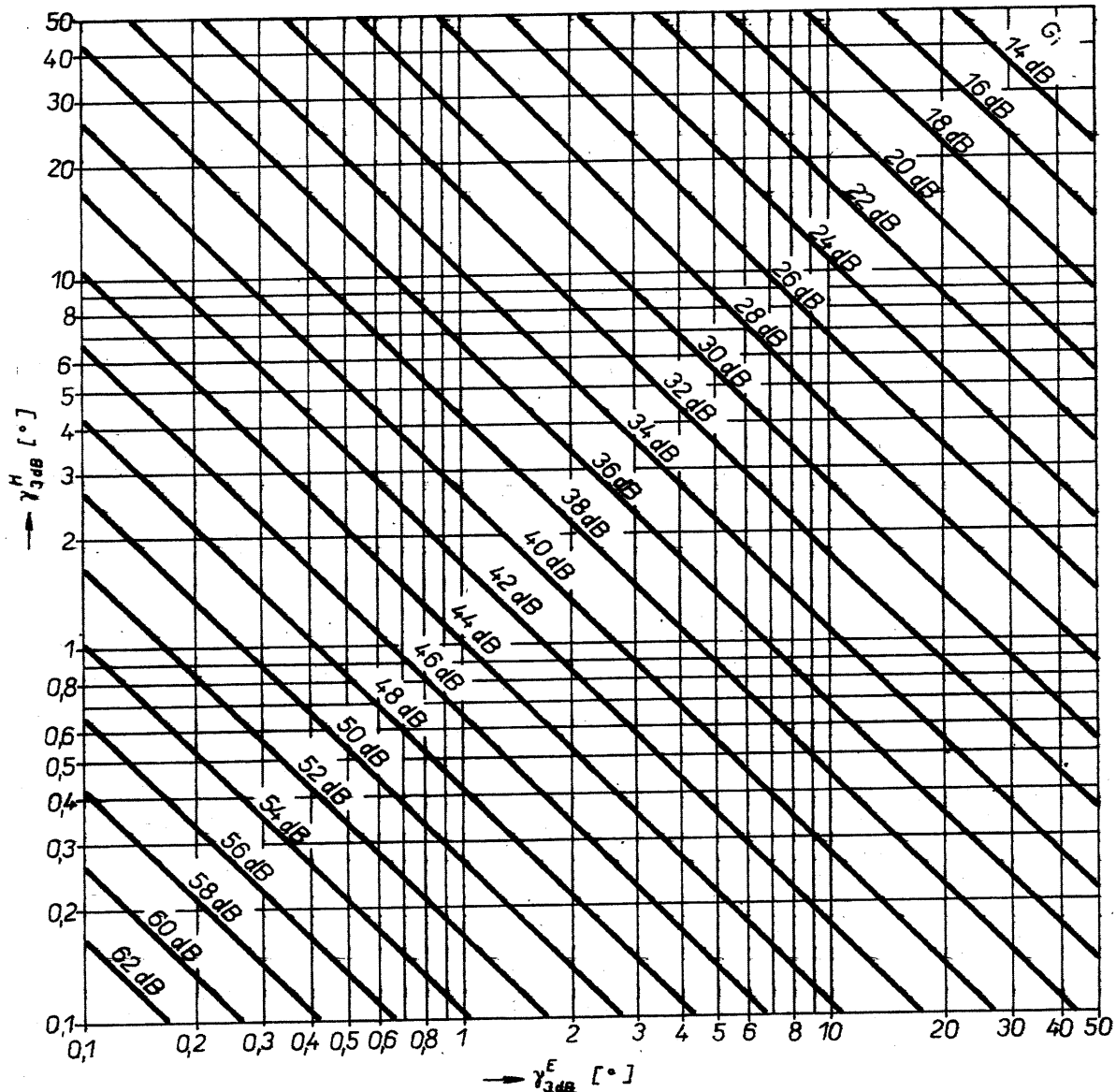
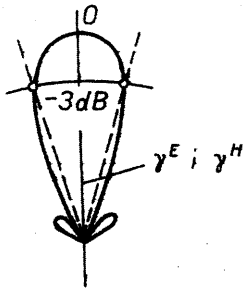
Literatura:

Southworth, G. C.: *Principles and Applications of Waveguide Transmission*. New York 1950.

Stratton, J. A.: *Teorie elektromagnetického pole*. SNTL: Praha 1961.

Příklad. Ve vlnovodu o průměru $D = 4,6$ cm se šíří vlna vidu TM_{01} až od kmitočtu $f_c = 5000$ MHz.

Zisk antény a šířka diagramu (obr. 19)



Přibližný zisk G_1 antény (vůči izotropnímu zářiči) (antenna gain, Gewinn der Antenne) lze stanovit zjištěním šířky diagramu pro 3 dB, $\gamma_{3\text{ dB}}^E$, $\gamma_{3\text{ dB}}^H$ (viz též obr. 26) ve dvou na sebe kolmých rovinách E a H (např. vertikální a horizontální). Větší přesnosti se dosáhne při znalosti šířky diagramu z několika dvojic řezů diagramem a stanovení průměrné velikosti.

Pozn. 1: Získané údaje jsou proti skutečnosti spíše menší.

Pozn. 2: Směrové vlastnosti antén hodnotíme tzv. absolutním činitelem směrovosti, který lze určit vztahem

$$S_a = 4\pi A_e / \lambda^2,$$

kde A_e je tzv. efektivní plocha ústí antény. Absolutní činitel směrovosti S_a

udává, kolikrát se zvětší intenzita elektromagnetické energie ve směru záření směrové antény, připojíme-li zdroj místo k izotropnímu zářiči (vyzařujícímu do všech směrů prostoru rovnoměrně) k dané směrové anténě.

Pro mikrovlnné antény trychtýřovité a reflektorové lze efektivní plochu ústí vyjádřit přímo geometrickou plochou ústí antény. U jiných typů antén jde o výrazy složitější. Tak např. pro rotační parabolický reflektor je absolutní činitel směrovosti dán vztahem

$$S_a = \eta(\pi D / \lambda)^2,$$

kde D je průměr ústí reflektoru a η koeficient, závislý na rozložení elektromagnetického pole podél plochy ústí. Tento koeficient se nazývá účinnost ozáření ústí ($\eta < 1$).

Kromě absolutního činitele směrovosti se v praxi používá i veličina, nazývaná zisk antény, G_1 . Zisk je činitel směrovosti, naměřený na reálné anténě, u níž se projevují různé přídatné ztráty přenášené energie, reprezentované koeficientem $k < 1$.

Platí

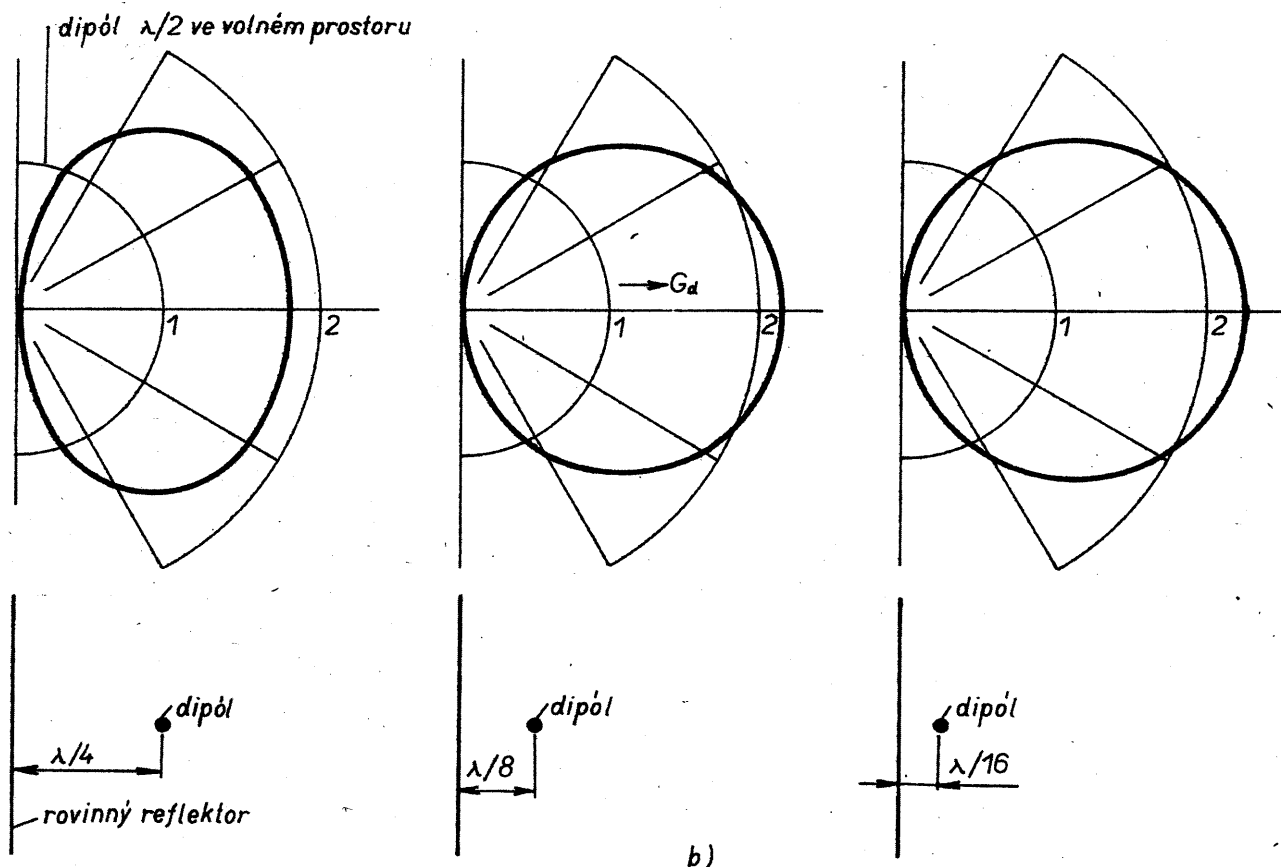
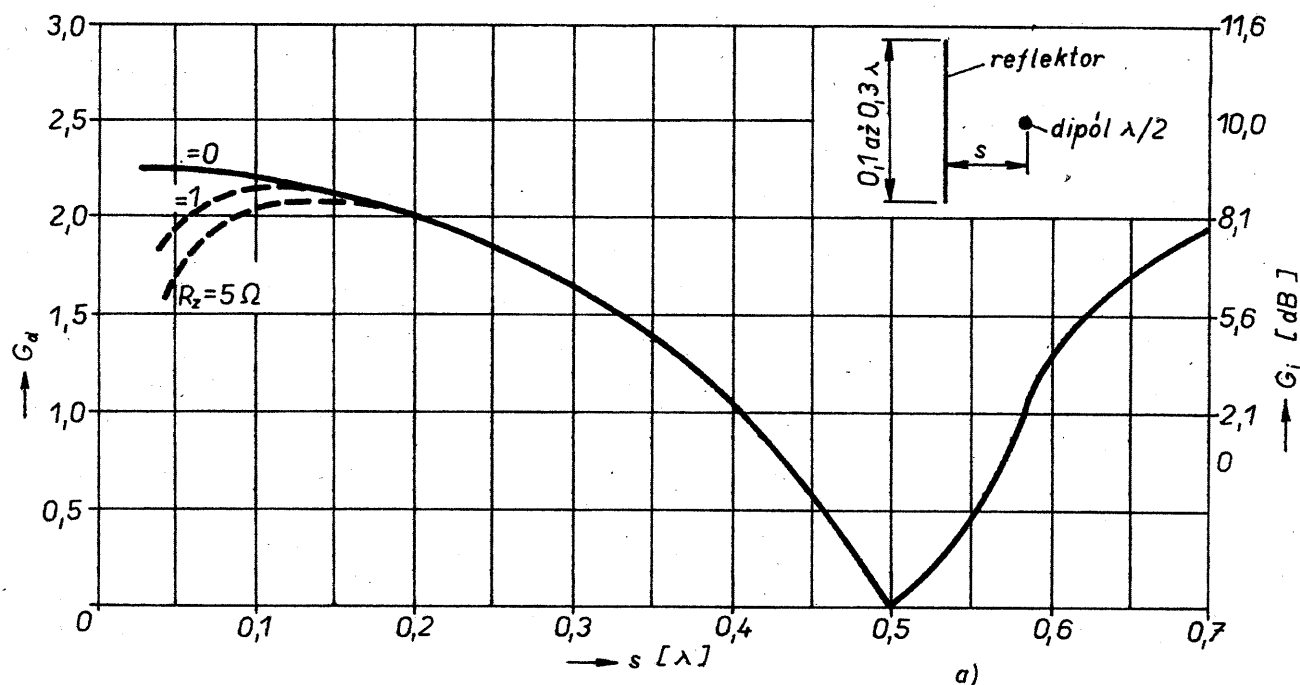
$$G_1 = k \cdot S_a,$$

nebo

$$G_1 = 10 \log (k \cdot S_a) \text{ [dB]}.$$

Mezi anténou přijímací a vysílací platí tzv. princip reciprocity, tj. že anténa vysílací je beze změny i anténou přijímací a naopak.

Dipól před odraznou stěnou (obr. 20a,b)



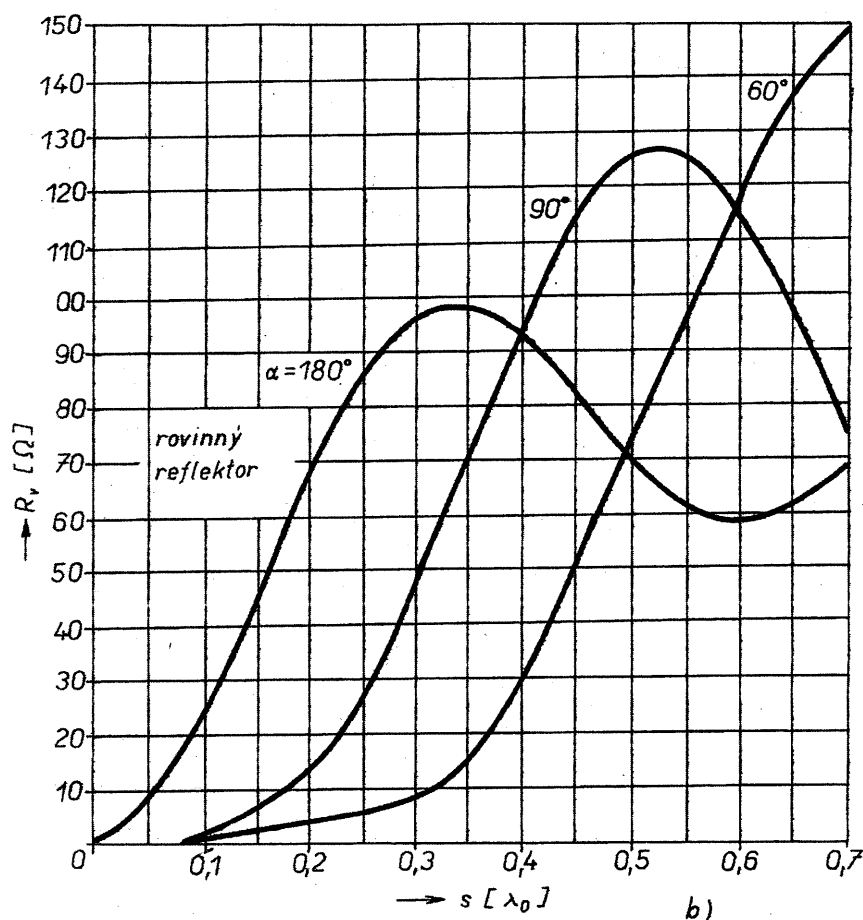
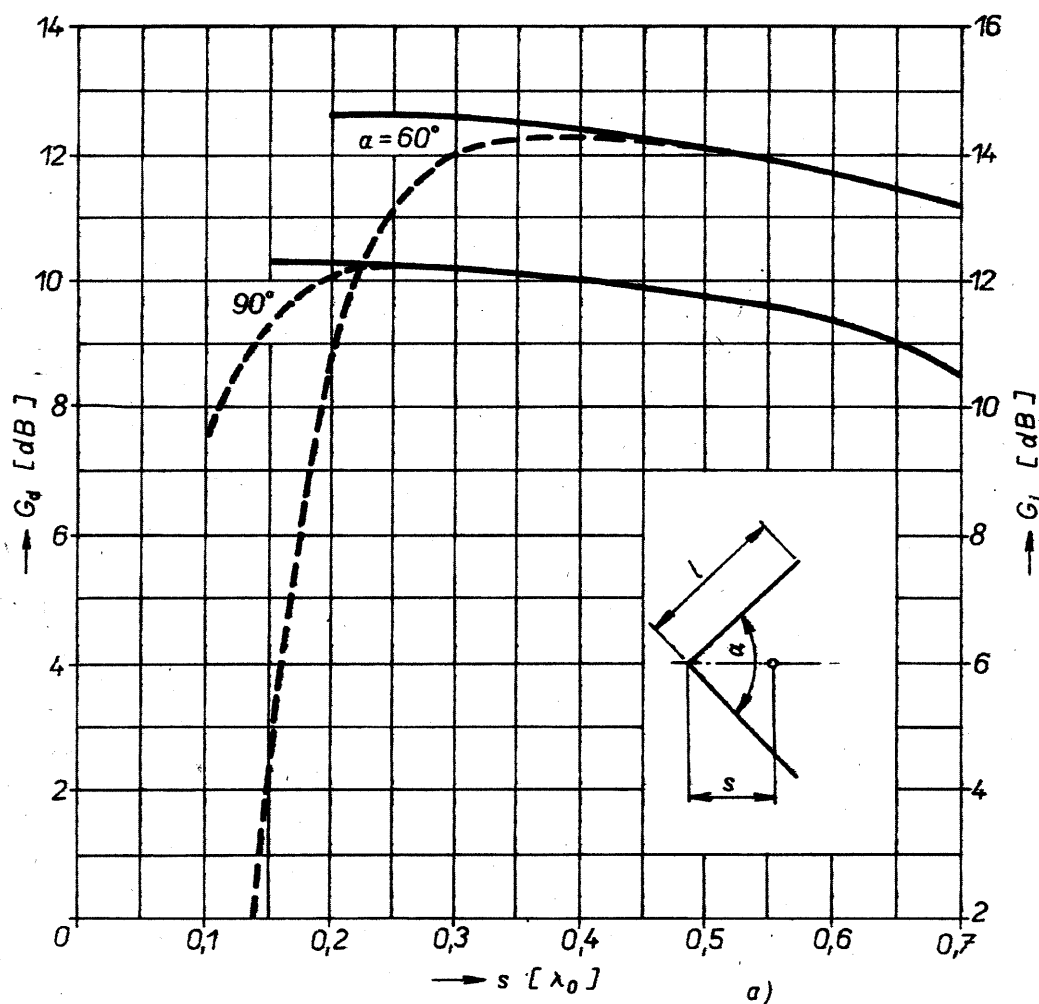
Nejjednodušší směrovou anténou je půlvlnný dipól před odraznou stěnou, umístěný ve vhodné vzdálenosti s . Zisk tohoto uspořádání vůči zisku G_d půlvlnného dipólu (v násobcích intenzity pole), popř. vůči zisku G_i [dB] izotropního zářiče je značně ovlivněn vzdáleností půlvlnného dipólu od re-

flektoru, jak ukazuje teoretická křivka na obr. 20a. Ukazuje se, že velmi malá vzdálenost s se dá použít jen pro malé ztrátové odpory soustavy (dokonale vodivá odrazná stěna, reflektor, malý ztrátový odpor vodiče dipólu) s tím, že šířka přenášeného pásma bude malá. S větší vzdáleností s je zisk menší, avšak zvětšuje se šířka pásma. Za předpokladu, že ztrátový odpor $R_z = 1 \Omega$, je optimální vzdálenost $s = 0,125\lambda$.

Diagramy záření soustavy jsou na obr. 20b pro vzdálenosti $s = 1/4$; $1/8$ a $1/16 \lambda$. Vstupní odpor dipólu $\lambda/2$ najdeme na obr. 21b pro úhlový reflektor ($\alpha = 180^\circ$).

Literatura:
Kraus, J. D.: *Antennas*. McGraw-Hill Book Co.: New York 1988.

Úhlový reflektor s dipólem $\lambda/2$ (obr. 21a, b)

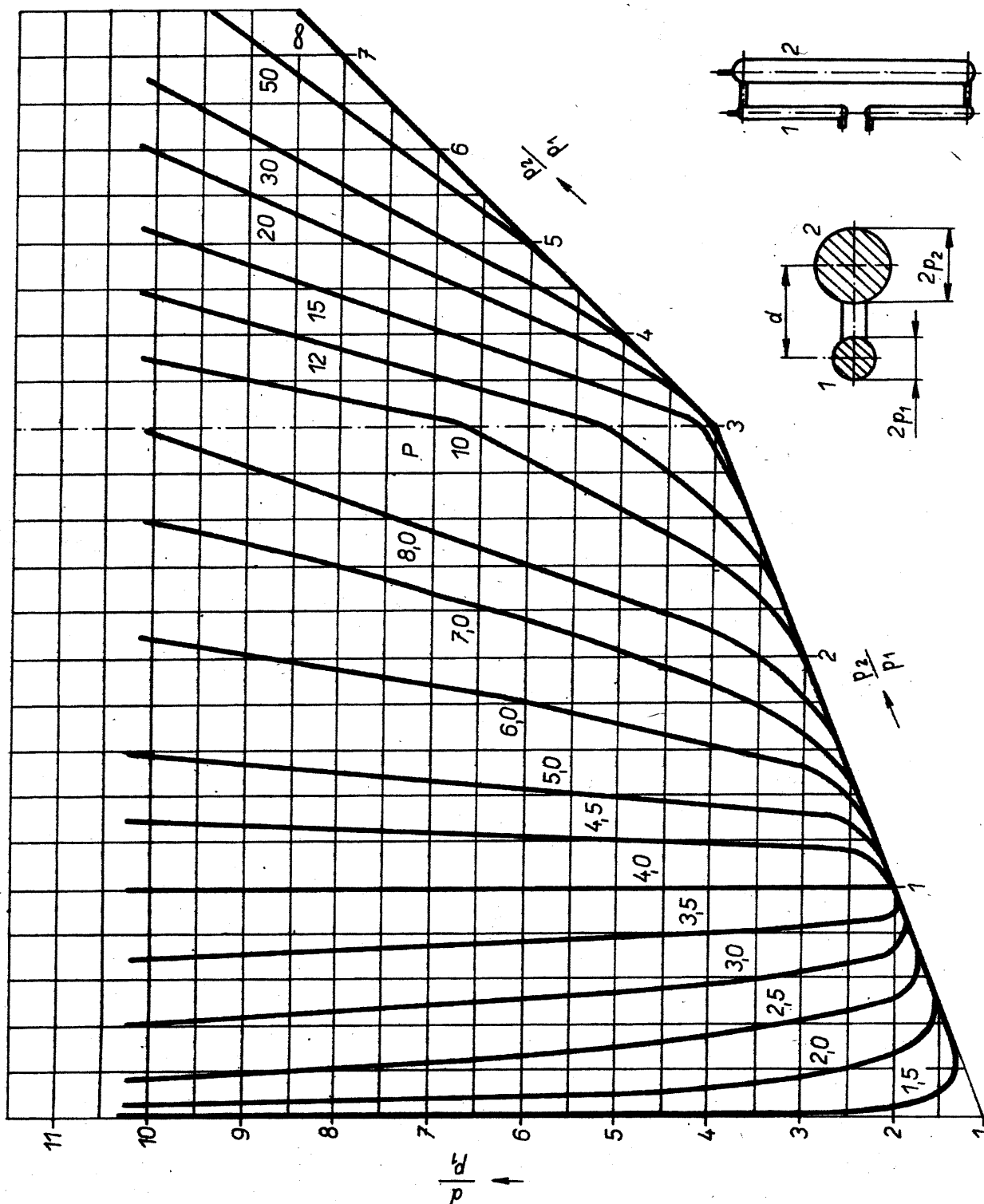


Úhlový reflektor (corner reflector, Winkelreflektor) vznikne po složení plochého reflektoru s rameny pod úhlem α . Teoretický zisk G_d této soustavy vůči zisku půlvlnného dipólu je vyneseno na obr. 21a pro různé úhly α , různou vzdálenost s a pro nekonečně velké odrazné stěny. Čárkované označené křivky jsou pro ztrátový odpor $R_z = 1 \Omega$. Vstupní odpor R_v dipólu soustavy je pro různé vzdálenosti s a pro různé úhly α vyneseno na obr. 21b. Vidíme, že pro vzdálenost $s = 0,35\lambda$ a $\alpha = 90^\circ$ je odpor dipólu $\lambda/2$ stejný jako ve volném prostoru.

Nejběžněji se volí úhel $\alpha = 90^\circ$, $s = 0,25$ až $0,7\lambda$ a délka l ramena $l = 1,4$ až $2s$.

Pozn. Ke zmenšení odporu vůči větru lze stěny reflektoru konstruovat z paralelních vodivých tyčí (rovnoběžných s vodiči dipólu). Vzájemnou vzdálenost mezi tyčemi volíme obvykle $\lambda/8$ nebo menší. Délka tyčí by měla být $0,7\lambda$ nebo větší.

Skládaný dipól s nestejně tlustými vodiči (obr. 22)



Skládaný dipól (folded dipol, Falt-dipol) s celkovou délkou $\lambda/2$ má, jak je známo, vstupní odpor přibližně $280 \, \Omega$, tedy čtyřnásobek vstupního odporu $70 \, \Omega$ jednoduchého dipólu.

Této transformační vlastnosti lze využít též tam, kde má půlvlnný dipól jiný vstupní odpor, jako je tomu např.

tehdy, použije-li se dipól jako budící prvek anténní řady. Tehdy lze použít skládaný dipól s nestejnými vodiči jako transformátor a podle grafu na obr. 22 je snadné, stanovit transformační poměr P .

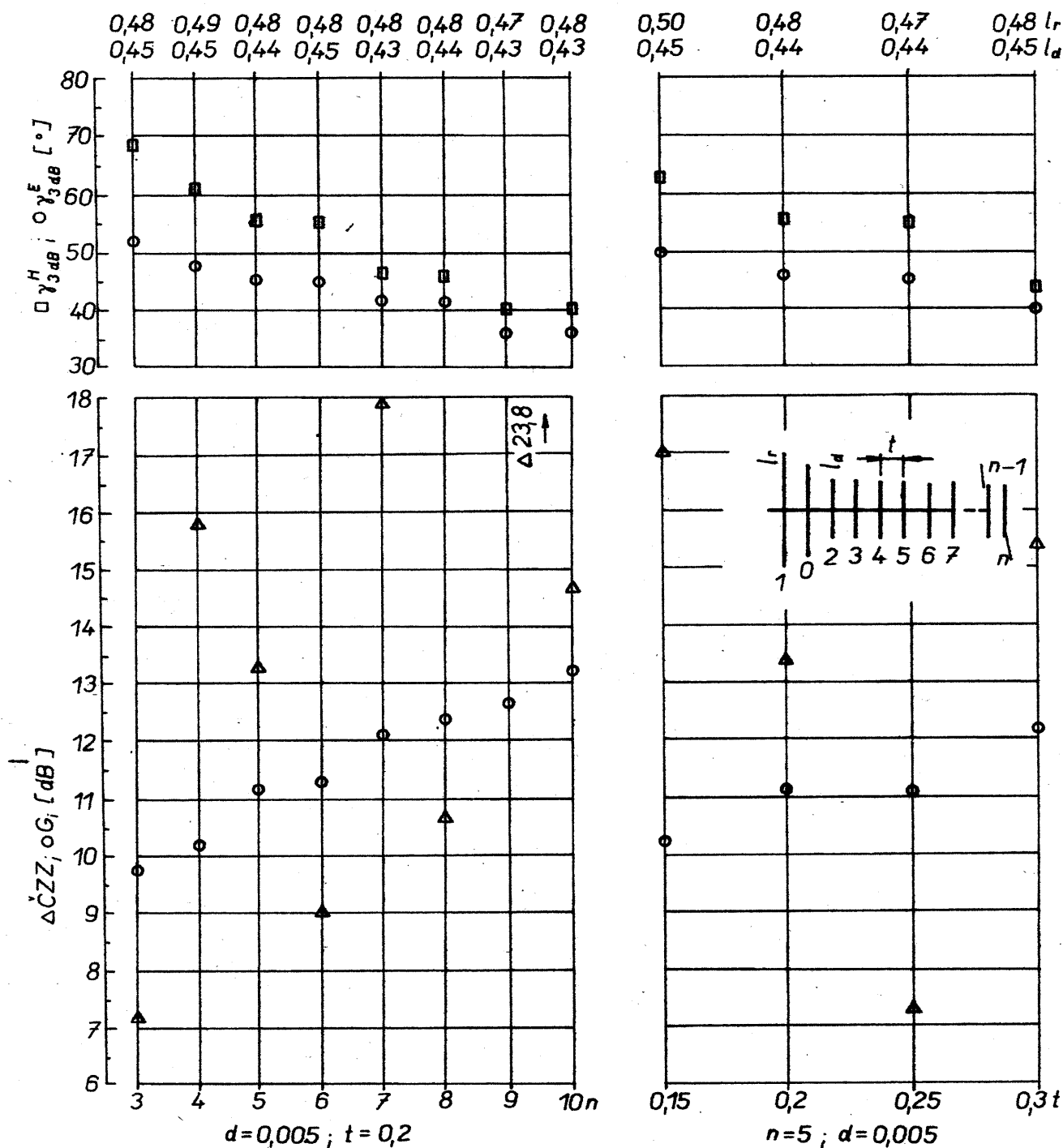
Příklad. Impedance naměřená na svorkách dipólu $\lambda/2$, napájejícího složitou anténní soustavu, je v okolí $30 \, \Omega$. Je ji třeba transformovat na $300 \, \Omega$ (vlnový odpor drátové dvoulinky). Transformační poměr

je tedy $P = 10$. Použijeme-li pro napájený vodič skládaného dipólu trubky o $\varnothing 5 \, \text{mm}$, pak druhý vodič bude mít $\varnothing 15 \, \text{mm}$ a bude od napájeného vodiče osově vzdálen $d = 6,75 \times 2,5 = 16,875 \, \text{mm}$.

Literatura:

Mushiake, Y.: An Exact Step-up Impedance Ratio Chart of a Folded Antenna. IRE Trans, sv. AP-3, říjen 1954.
Čaha, Procházka: Antény. SNTL: Praha 1956.

Anténa „Yagi - Uda“ (obr. 23)



Anténa Yagi - Uda se skládá z napájeného prvku (laděný dipól $\lambda/2$ nebo skládaný dipól), poněkud delšího reflektoru a jednoho nebo několika kratších pasivních prvků, direktorů. Všechny prvky jsou uspořádány do jedné roviny, vzájemně rovnoběžně. Pasivní prvky jsou jednoduché rovnoběžné kovové tyče, které, pokud jsou navzájem vhodně vzdáleny a nastaveny na správnou délku, zajišťují, že celá řada vyzařuje (přijímá) podle anténního diagramu ve směru osy od reflektoru ke kratším direktorům.

Na grafu (obr. 23) jsou uvedeny závislosti hlavních elektrických parametrů na mechanických rozměrech

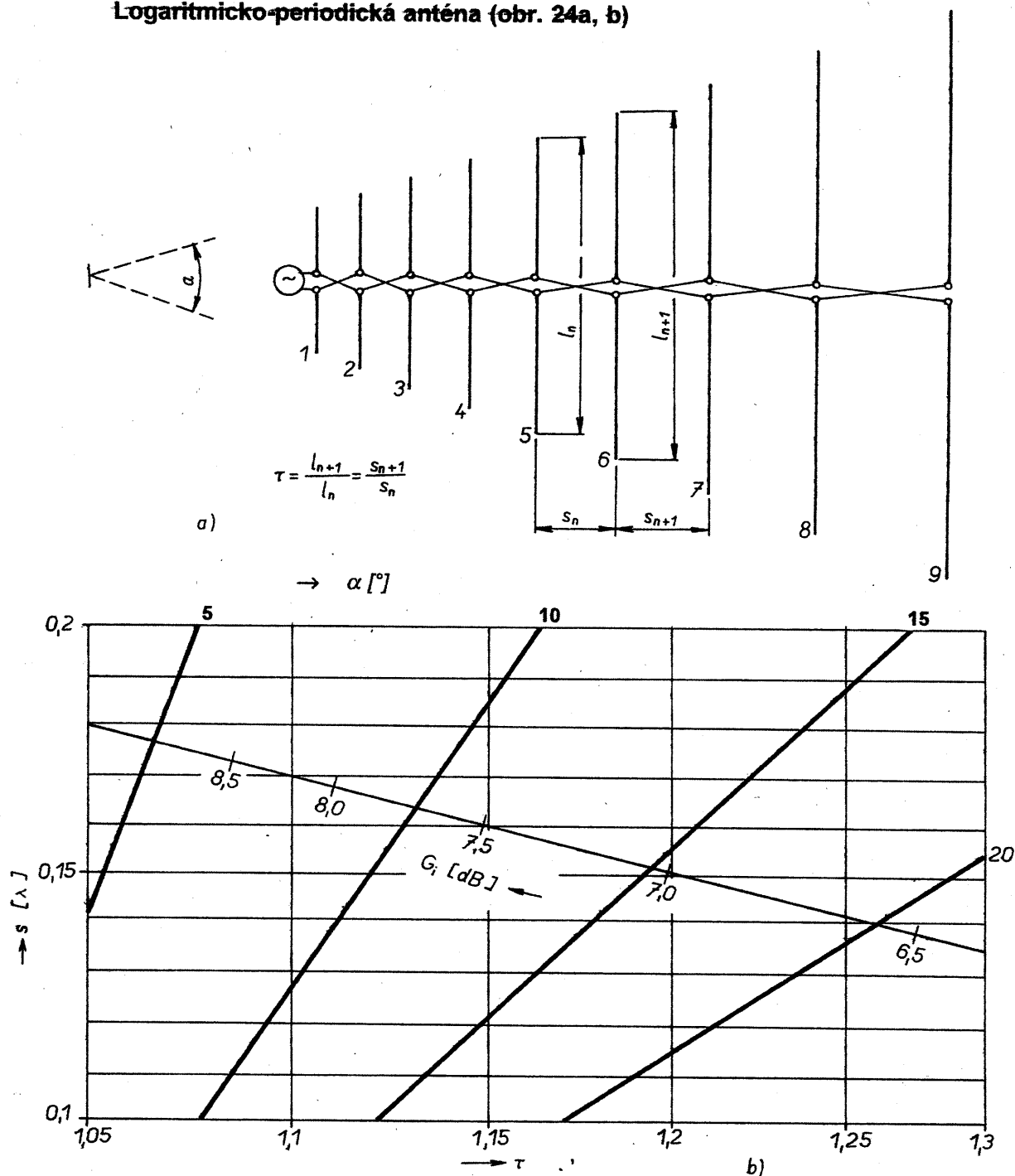
tzv. uniformní antény Yagi, u níž jsou všechny vzájemné vzdálenosti t všech prvků stejné, všechny direktory mají stejnou délku l_d a všechny vodiče stejný průměr d . Reflektor s délkou l_r je o něco delší a napájený půlvlnný dipól je, pokud jde o jeho délku, nastaven na rezonanci. Údaje uvedené v grafu jsou teoretické, získané výpočtem, experimentálně jsou však ověřené a to s dobrou shodou s teoretickými výpočty.

Uvedené závislosti jsou vybrány z rozsáhlého souboru dalších závislostí jednotlivých parametrů. Zásadně lze říci, že údaje o zisku G_i a o „třideciblové“ šířce hlavního laloku diagramu

($\gamma_{3dB}^E, \gamma_{3dB}^H$) v rovině E a H mají monotonní průběh v závislosti na počtu prvků a na vzdálenosti t prvků. Činitel zpětného záření, ČZZ (tzv. předozadní poměr), úroveň postranních laloků, hloubka minim mezi laloky jsou velmi citlivé na parametry l_r, l_d, n, t a d a v praxi se musí experimentálně nastavit vždy podle dílčích požadavků. Totéž platí i o širokopásmovosti provozu.

Všechny délkové míry jsou v grafu uváděny ve zlomcích vlnové délky.

Logaritmicko-periodická anténa (obr. 24a, b)



Logaritmicko-periodická anténa (log-periodic antenna, logaritmisch-periodische Antenne) je struktura, jejíž geometrie je volena tak, že se elektrické vlastnosti musí opakovat periodicky s logaritmem kmitočtu. Na základě této geometrie může anténa pracovat v libovolně širokém kmitočtovém pásmu.

Existuje nekonečné množství variací logaritmicko-periodických struktur. Velmi jednoduchý typ této antény je na obr. 24a. Postupně se rozpinající anténní řada vyzařuje (přijímá) účinně, jsou-li prvky řady - dipóly - blízko rezonance, takže se změnou kmitočtu se aktivní oblast na anténě pohybuje podél anténní řady.

Délky \$l\$ dipólů se prodlužují postupně podél antény, přičemž úhel \$\alpha\$ zůstává konstantní. Délky \$l\$ a vzájemné vzdálenosti \$s\$ prvků jsou vázány poměrem

$$l_{n+1}/l_n = s_{n+1}/s_n = \tau,$$

kde \$\tau\$ je konstanta. Tento vztah určuje též tzv. kvocient geometrické řady, odtud tedy název geometrická anténní řada.

Při vlnové délce poblíž středu pracovního pásma je v činnosti střední část antény (prvky 4 až 6), jejichž délka je v okolí \$\lambda/2\$. Délka prvků 7, 8 a 9 je v okolí celé vlnové délky, takže prvky „nesou“ jen malé proudy a nezúčastňují se činnosti antény (představují indukční zátěž antény). Prvky 1, 2 a 3 jsou kratší než \$\lambda/2\$ (představují kapacitní zátěž), jejich proudy jsou též malé a stejná je i jejich činnost. Zvětší-li se vlnová délka, posune se čin-

nost antény k delším prvkům a naopak. Maximum záření antény je však stále ve směru osy antény.

Pro geometrickou řadu platí, že délka \$l\$ (a rozteč \$s\$) pro jakýkoli prvek \$(n+1)\$ je \$\tau^n\$krát větší, než pro prvek č. 1, tj.

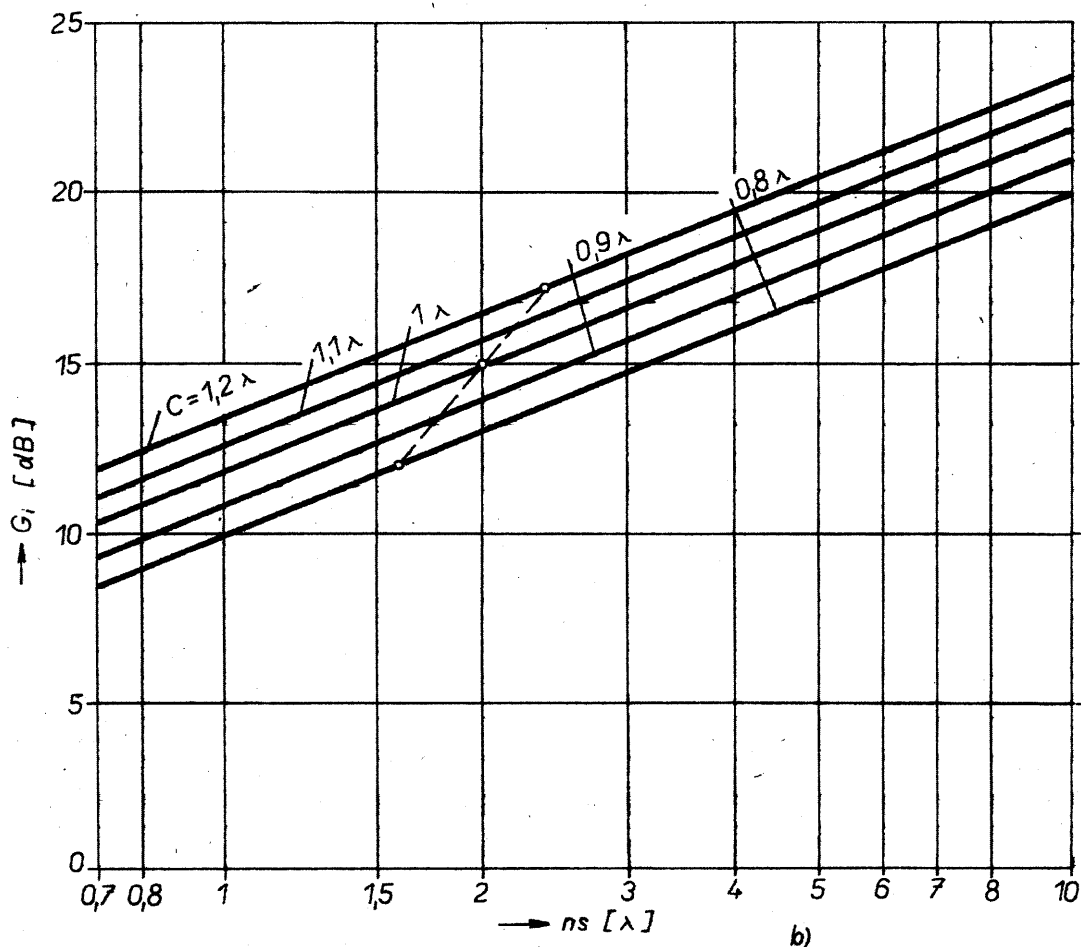
$$l_{n+1}/l_1 = \tau^n = F,$$

kde \$F\$ je kmitočtový poměr, neboli šířka pracovního pásma.

Příklad. Požadujeme zisk antény \$G_i = 6,5\$ dB, a šířku pracovního pásma 4:1. Podle obr. 24b odpovídá bodu 6,5 dB_i na čáře optimálního návrhu \$\alpha = 22^\circ\$ a \$t = 1,75\$ (\$s = 0,14\lambda\$). Pro \$\tau^n = F\$ určíme \$n\$ logaritmováním předešlé rovnice, takže

\$n = \log F / \log \tau = 0,602/0,243 = 2,5\$, upravíme \$n = 3\$ a \$n+1 = 4\$. V praxi je vhodné přidat 1 až 2 prvky, takže \$n = 6\$.

Šroubovicovitá anténa (obr. 25a, b)

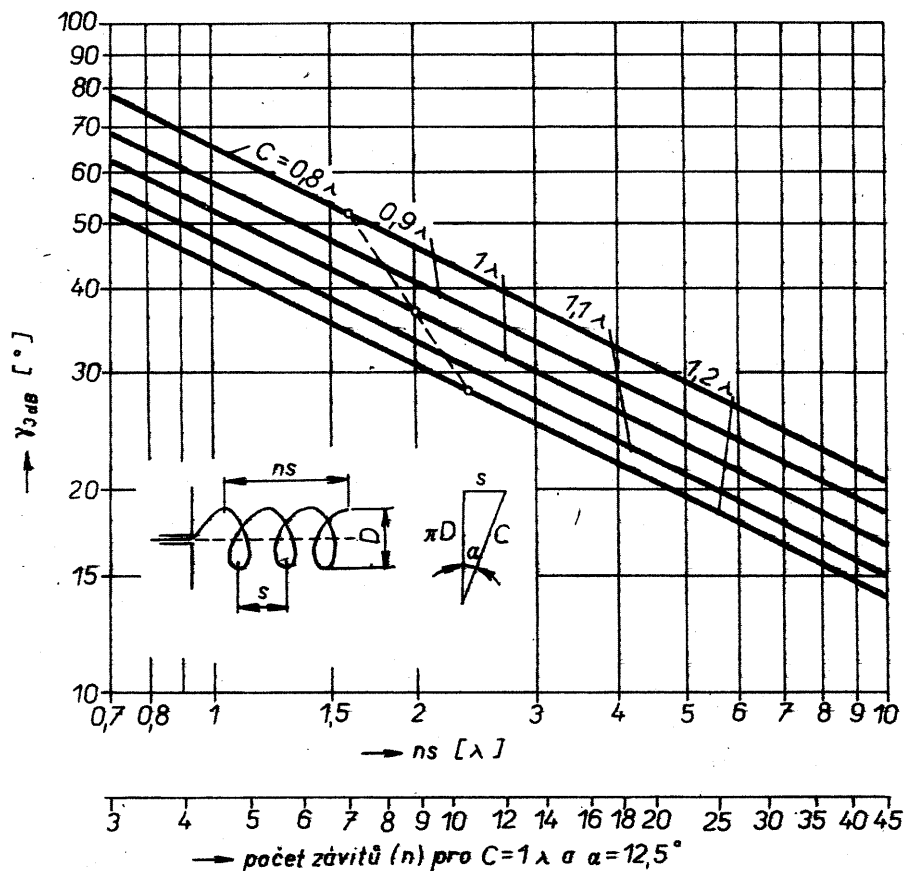


Šroubovicovitá anténa (helical antenna, Spiralantenne, Wendelantenne) pracující v tzv. osovém vidu vyzařuje nebo přijímá kruhově polarizované vlnění, jehož smysl polarizace je dán smyslem vinutí šroubovice (tj. levotočivě či pravotočivě).

Pracovní šířka kmitočtového pásma je v osovém vidu 1,7:1, v tomto pásmu se „třídéciblová“ šířka hlavního laloku pohybuje v rozmezí 30 až 60 ° a vstupní impedance je 100 až 500 Ω. Zisk, zjištěný z grafu, je zisk vůči izotropnímu zářiči s kruhovou polarizací. Při návrhu antény se obvykle držíme optimální oblasti, vyznačené na obou grafech čárkovaně. Závity se doporučuje realizovat pokud možno samonosně nebo s lehkou podpůrnou konstrukcí. Vinout šroubovici na válec z dielektrického materiálu se nedoporučuje.

Pozn. Zisk (lineárně polarizovaného) půlvlnného dipólu vůči izotropnímu zářiči je 2,15 dB. Při příjmu kruhově polarizované vlny vzniká ztráta asi kolem 3 dB, takže zisk G_1 šroubovicovité antény je oproti zisku půlvlnného dipólu o 0,85 dB menší.

Příklad. $n = 9$, $\alpha = 12,5^\circ$, $C = 1\lambda$; $\gamma_{3dB} = 37^\circ$, $G_1 = 15$ dB.

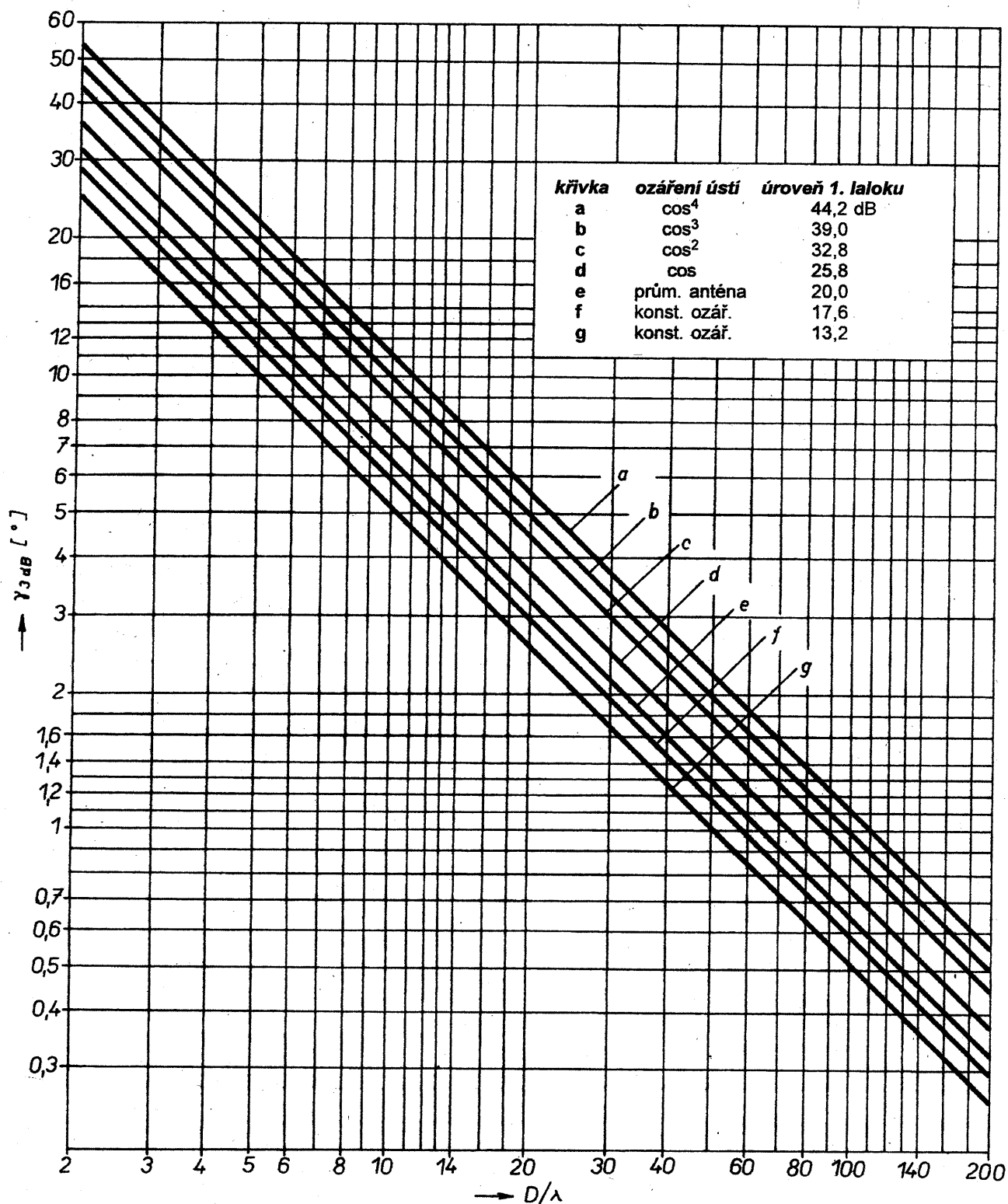


a)

B4
95

Amatérské **RADIO** 147

Ústí antény a šířka diagramu (obr. 26)



Úhel $\gamma_{3\text{dB}}$, vyznačený body polovičního výkonu ($0,5P_{\text{max}}$), na hlavním laloku výkonového diagramu záření antény (viz též obr. 19) s rozměrem ústí D , nebo body $0,707U_{\text{max}}$ na napětovém diagramu záření nazýváme úhlem polovičního výkonu (halfpower

beam width, Halbwertsbreite), též „třidecibelová“ šířka diagramu.

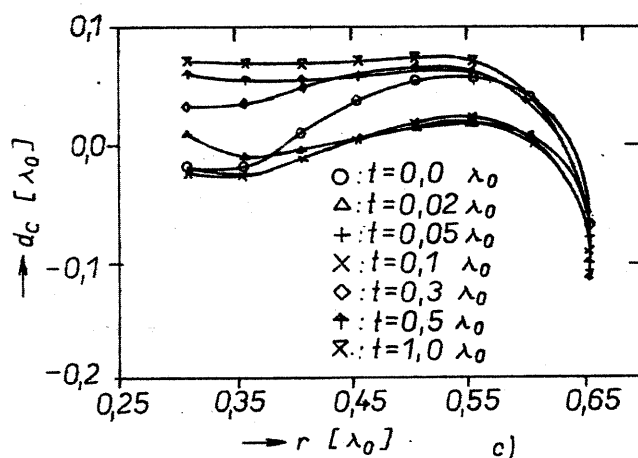
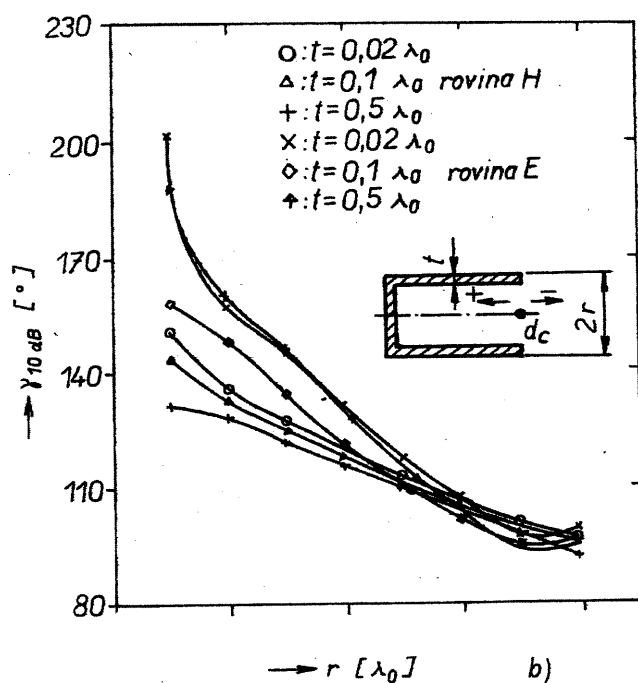
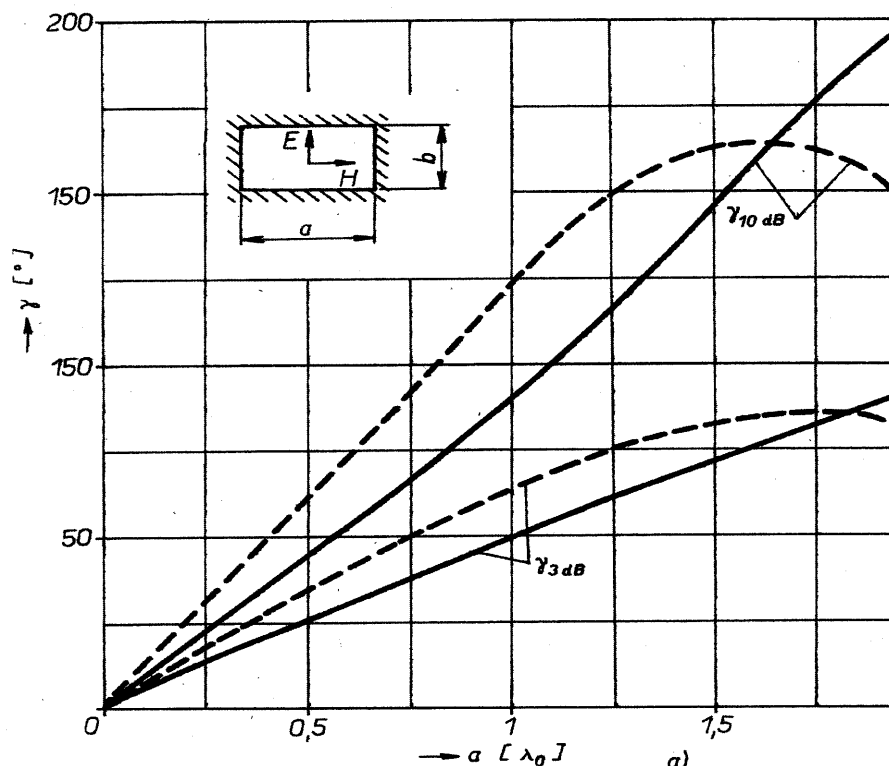
Křivky a až f platí pro kruhovitě nebo eliptické ústí, křivka g platí pro pravoúhlé ústí. Ozářením ústí se rozumí rozložení intenzity elektromagnetického pole v ústí antény tak, že maximum intenzity je v ose antény kolmé k ústí a pokles směrem k okraji ústí se řídí podle uvedené funkce. U eliptického ústí jde o kompromis ozá-

ření ve dvou na sebe kolmých rovinách.

Rozměry D a λ jsou ve stejných jednotkách.

Příklad. Průměr reflektoru satelitní antény ($\lambda = 2,5\text{ cm}$) $D = 60\text{ cm}$. Předpokládáme průměrnou kvalitu antény, použijeme tedy křivku e. Pro $D/\lambda = 24$ přečteme $\gamma_{3\text{dB}} = 2,5^\circ$. Z grafu na obr. 19 stanovíme, že přibližný zisk této antény je 37 dB.

Diagram ústí vlnovodu obdélníkovitého a kruhovitého tvaru (obr. 27a, b, c)



Vyzařování základního vidu TE_{01} z ústí obdélníkovitého vlnovodu předpokládá, že rozměry ústí splňují tyto podmínky: $a < \lambda_0 < 2a$, $2b < \lambda_0$. Křivky na obr. 27a udávají šířky hlavních laloků diagramu záření v rovinách elektrického vektoru E (—) a magnetického vektoru H (---) pro šířku jednak -10 dB a jednak -3 dB diagramu ($\gamma_{10\text{ dB}}$, $\gamma_{3\text{ dB}}$).

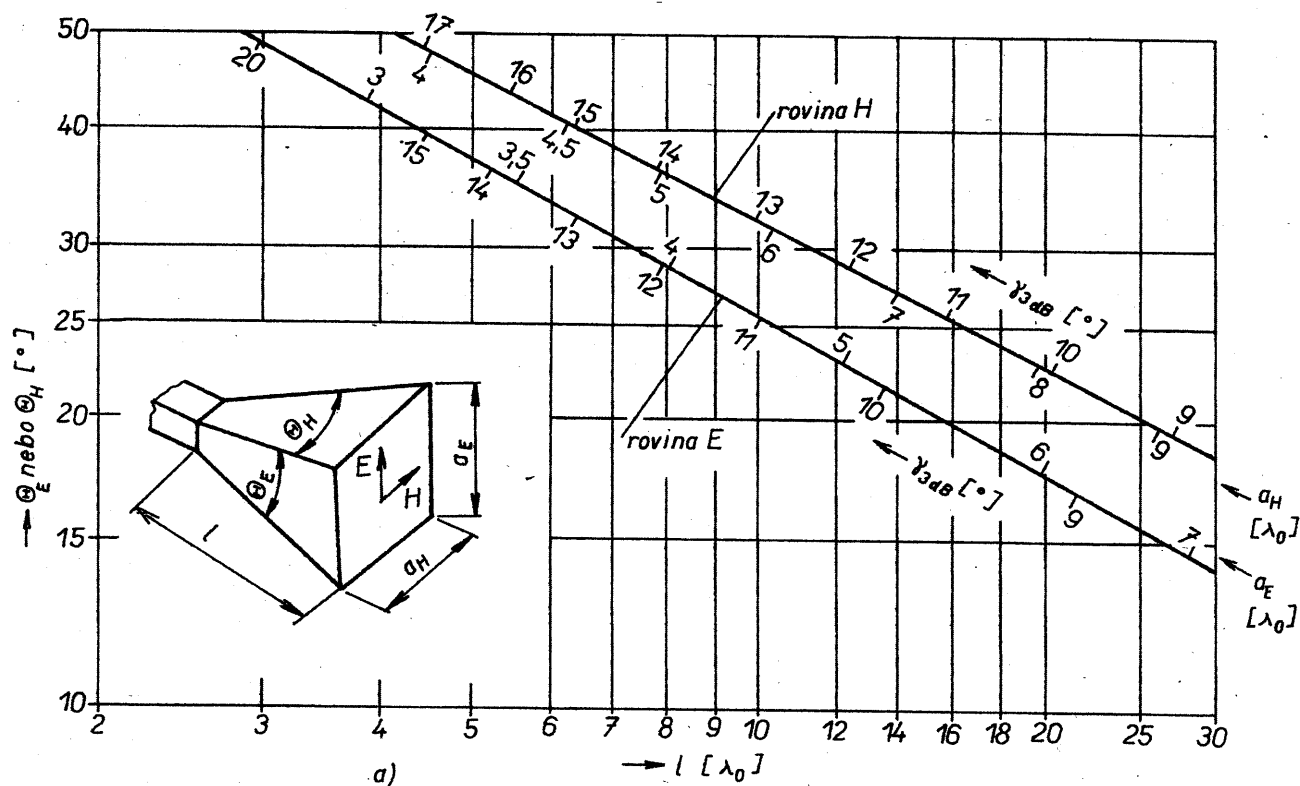
Vyzařování základního vidu TE_{11} z ústí kruhovitého vlnovodu (obr. 27b, c) předpokládá, že průměr $2r$ ústí splňuje podmínku $0,3\lambda_0 \leq r, r \leq 0,65\lambda_0$, tloušťka stěny vlnovodu ($0 \leq t \leq 1$) λ_0 . Pro poloměry r blízké uvedeným mezím se zvětšuje podíl křížové polarizace vlnění. Křížová polarizace bude nejvíce potlačena pro $r = 0,6\lambda_0$.

Použije-li se kruhovitý vlnovod jako primární zářič pro parabolický reflektor, je vhodné znát fázový střed d_c vyzařování. Kladné velikosti d_c značí zasunutí fázového středu do vlnovodu a naopak.

Literatura:

- Silver, S.: *Microwave Theory and Design*. McGraw-Hill Book Co.: New York 1949.
- Shafai, L.; Kishk, A.: Phase center of small primary feeds and its effects on the feed performance. *IEE Proc.* sv. 132, 1973, část H, s. 207-214.
- Ludwig, G. L.: The definition of cross-polarisation. *IEEE Trans.* 1973, AP-21, s. 116-119.

Diagram trychtýřové antény (obr. 28a, b)



Trychtýřovitá anténa (horn antenna, Hornantenne) je ústí vlnovodu rozšířené tak, aby se především vytvořilo větší anténní ústí a tím dosáhlo většího zisku antény, ovšem při zajištění co možno rovinné vlnoplochy v ústí trychtýře.

Existuje řada typů trychtýřovitých antén, nejběžnější je jehlanovitý trychtýř. V praxi nelze jednoduše zajistit rovinnost vlnoplochy v ústí antény - nejjednodušší je navrhnout délku l trychtýře dosti velkou tak, aby úhel otevření θ_E , θ_H byl kolem $\theta = 20^\circ$.

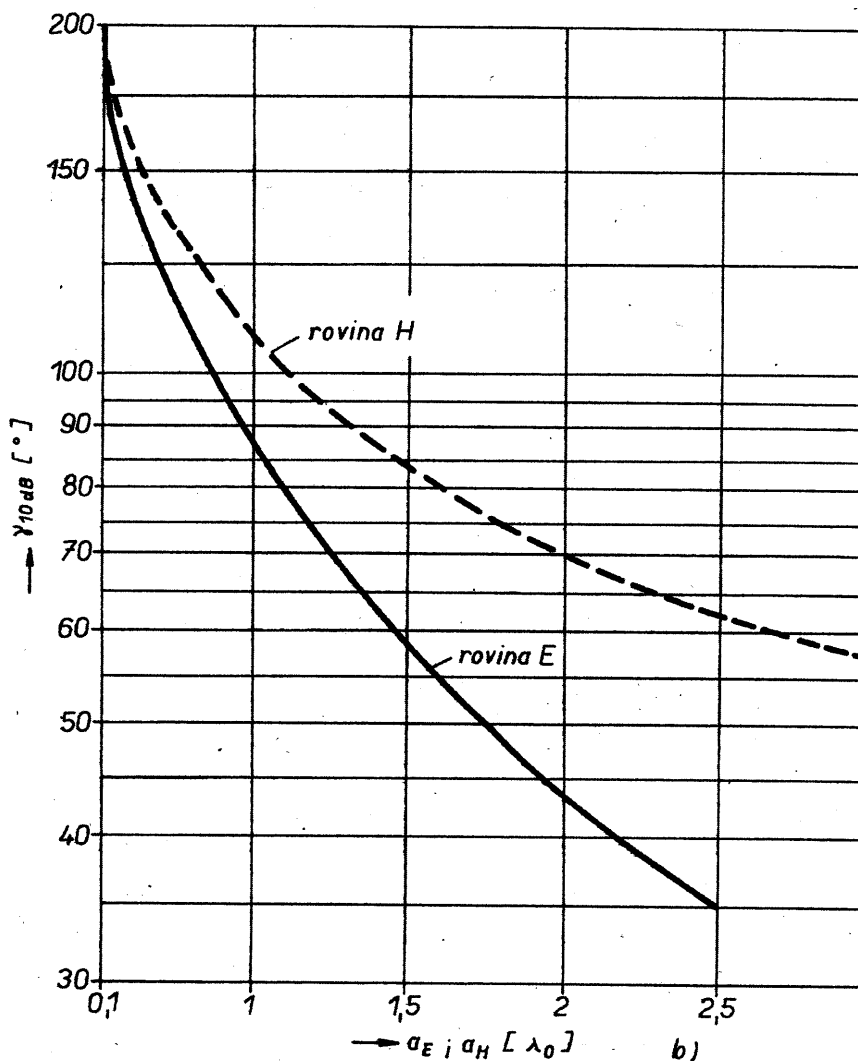
Na obr. 28b je vyznačena závislost šířky diagramu 10 dB jehlanovitého trychtýře ($\theta = 20^\circ$) na rozměrech a_E , a_H ústí a to jak pro rovinu E, tak pro rovinu H.

Obr. 28a uvádí optimální rozměry trychtýřové antény pro obě roviny E a H v závislosti na úhlech otevření, θ_E nebo θ_H a délce trychtýře l . Současně jsou uvedeny příslušné rozměry a_E a a_H ústí a dosažené šířky diagramů pro 3 dB. Pro činnost antény v širším kmitočtovém pásmu je vhodné navrhnout rozměry pro nejvyšší kmitočet pásma.

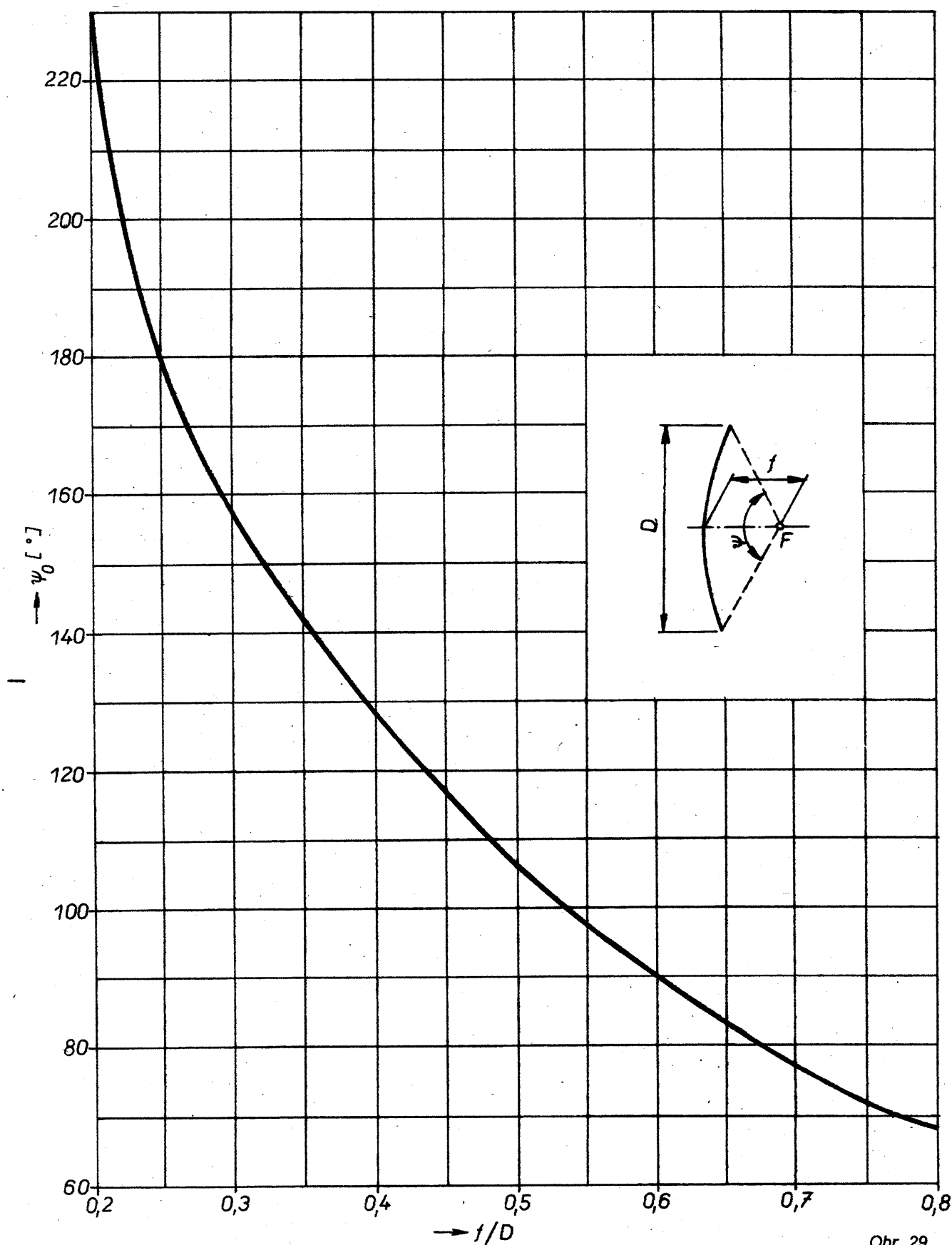
Přibližný vzorec pro zisk jehlanovité trychtýřové antény je

$$G_1 = 10 \log(7,5 a_E^2 \cdot a_H^2).$$

Příklad: Volíme $l = 10\lambda$, $\gamma_{3dB}^E = 11^\circ$; $\gamma_{3dB}^H = 13^\circ$; $a_E = 4,5\lambda$, $a_H = 5,8\lambda$, $G_1 = 22,9$ dB.



Parabolický reflektor I, II, III (obr. 29, 30a, b, c, d, 31)



Obr. 29.

Napáječ (primární zářič) u rotačního parabolického reflektoru o průměru D se umísťuje do ohniska F tak, aby fázový střed primárního diagramu ležel v ohnisku reflektoru. Úhel ozáření reflektoru ψ_0 se určí z obr. 29,

v němž je vynesena závislost úhlu ψ_0 na poměru ohniskové vzdálenosti f a průměru D paraboloidu.

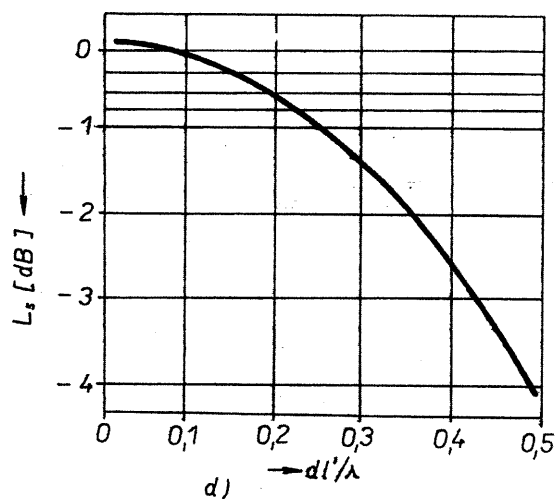
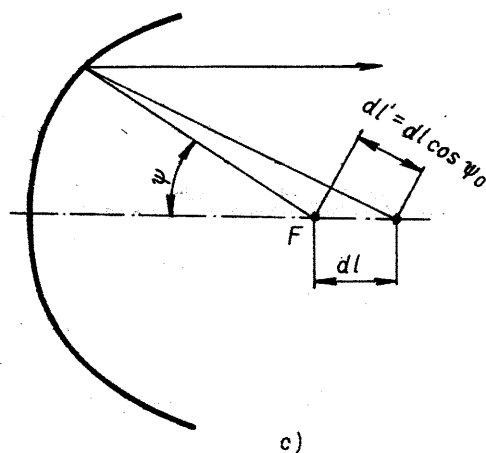
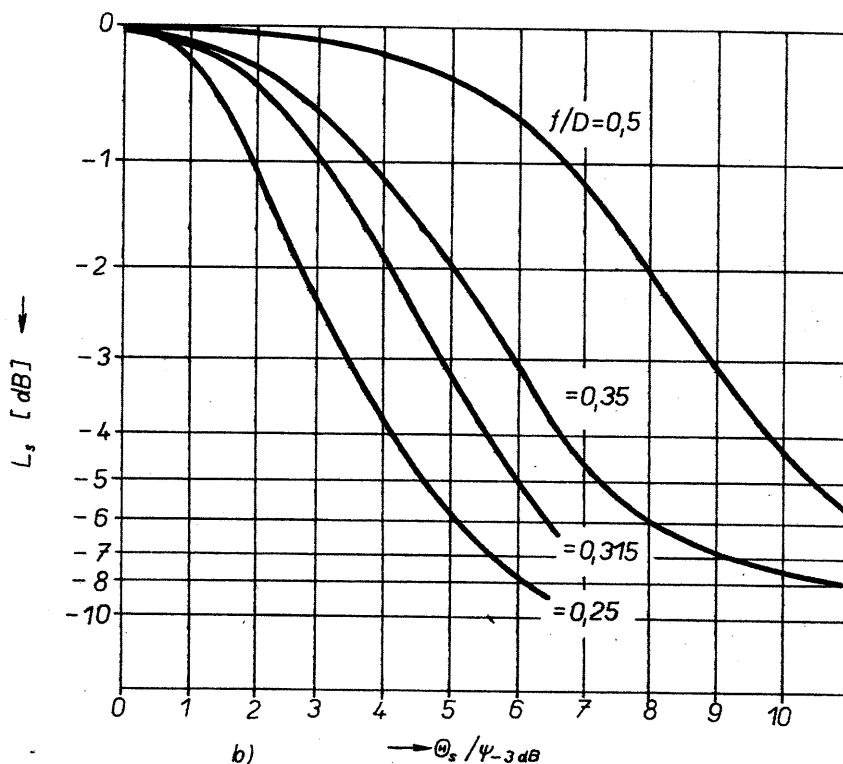
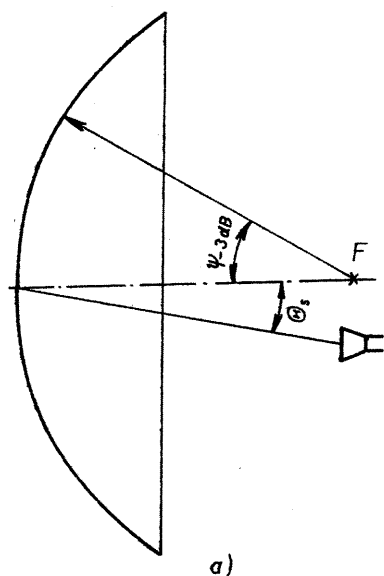
Nesprávná poloha primárního zářiče vzhledem k ohnisku způsobí fázovou chybu v ústí reflektoru, což může

vést ke ztrátě na zisku antény (obr. 30a). Předpokládáme odchylku d_z umístění primárního zářiče. Zůstane-li

B4
95

Amatérské RADIO 151

Parabolický reflektor II



Obr. 30a až 30d.

směr maxima záření primárního diagramu rovnoběžný s osou ohniska a je-li $d_z/\lambda \ll 1$, neodchýlí se směr maxima diagramu antény a zisk antény se podstatně nezmenší. Jestliže se při posuvu d_z navíc pootočí úhel maxima o úhel

$$\theta_S = \arctg(d_z/f),$$

pak se maximum diagramu antény odchýlí o úhel θ_A . Čím větší je úhel θ_S , tím větší je i úhel θ_A , a tím větší je i ztráta na zisku. Poměr obou úhlů, θ_S/θ_A , se nazývá činitel odchytky K . Tento činitel závisí na poměru f/D reflektoru podle tabulky. Přídavná ztráta

L_s na zisku antény je vyznačena v obr. 30b, kde ztráta závisí na poměru úhlů $\theta_S/\psi_{3\text{ dB}}$. Úhel $\psi_{3\text{ dB}}$ značí úhel ústí, měřený do místa s poklesem ozáření o 3 dB vůči středu ústí. Vidíme, že čím je reflektor plošší ($f/D \rightarrow 0,5$), tím si můžeme dovolit větší chybu v umístění zářiče.

Při nepřesnosti v podélném umístění primárního zářiče (obr. 30c) vznikne kvadratická fázová chyba v ústí reflektoru. Můžeme ji charakterizovat veličinou

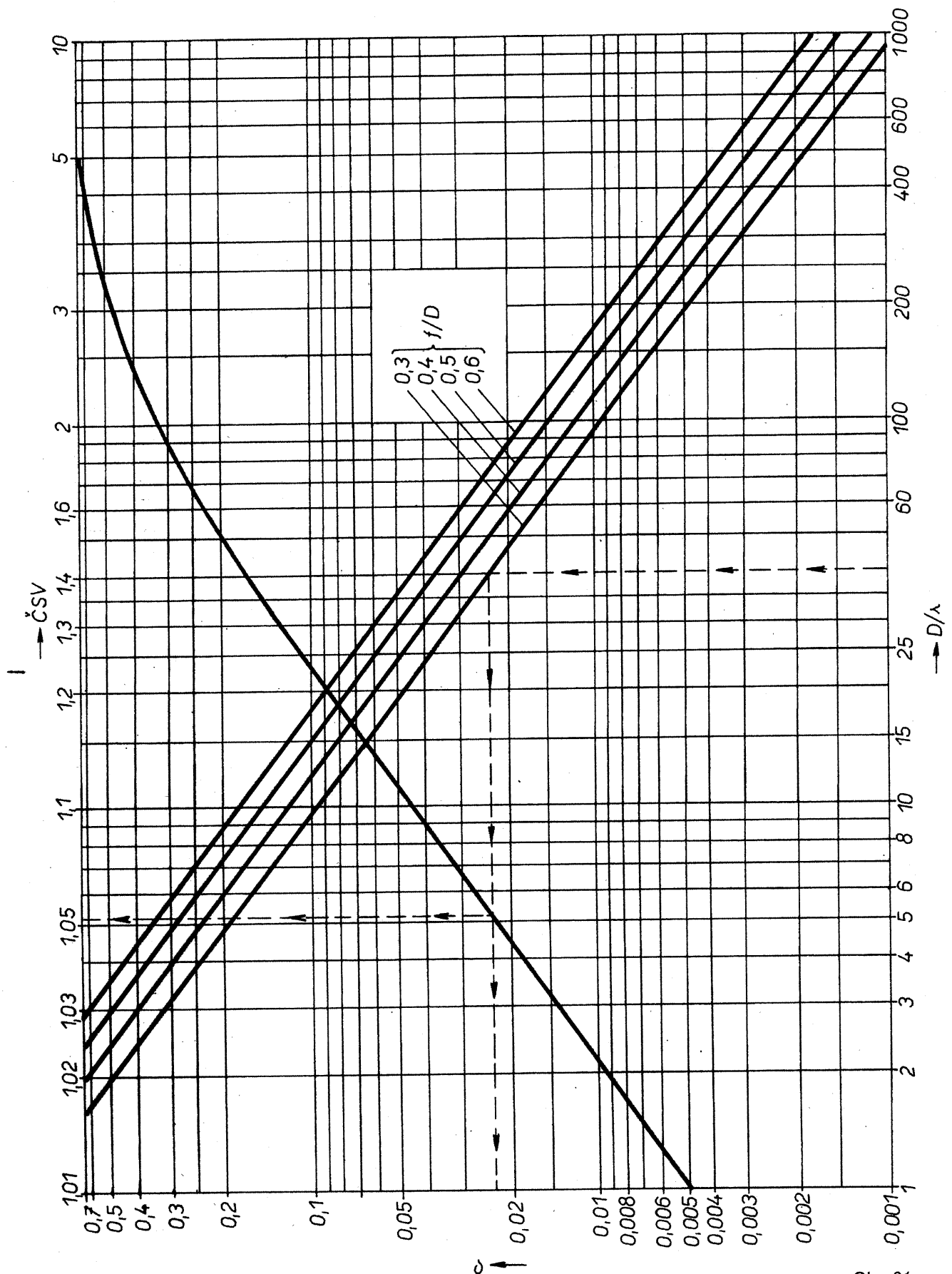
$$dl' = \cos \psi_0 dl$$

(kde ψ_0 je úhel otevření ústí). Ztrátu na zisku přečteme z obr. 30d, u něhož se na vodorovnou osu vynášejí velikost poměru dl'/λ .

Tab. Činitel odchytky K v závislosti na poměru f/D

K	f/D
0,7	0,2
0,75	0,25
0,8	0,275
0,85	0,35
0,9	0,45
0,95	0,7

Parabolický reflektor III



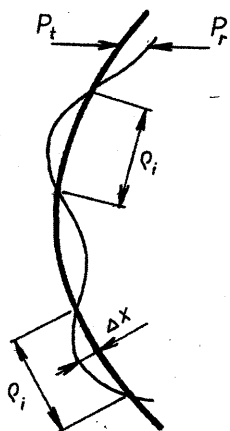
Obr. 31.

Při napájení reflektoru z ohniska vzniká odraz energie od vrcholu paraboloidu zpět do napáječe, čímž se zhoršuje jeho impedanční přizpůsobení. Na obr. 31 lze zjistit přidavný čini-

tel stojatých vln v závislosti na parametrech f a D .

Příklad. $D/f = 40$, $f/D = 0,3$, $\check{C}SV = \frac{B4}{95} = 1,053$, $\rho = 0,024$.

Výrobní tolerance reflektoru a jeho elektrické parametry (obr. 32a, b, c)



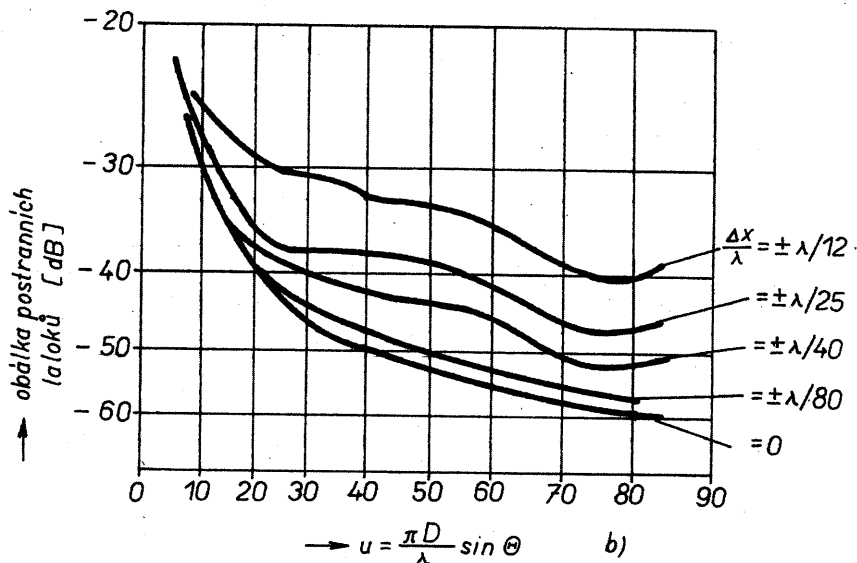
a)

Teoretický parabolický profil reflektoru označme P_t , skutečný profil P_r se odchyluje od ideálního profilu v jednom nebo druhém směru. Tato odchylka Δx se nazývá výrobní tolerance a může být kladná nebo záporná, tedy $\pm \Delta x$. Tato veličina se měří kolmo na vydatý povrch reflektoru.

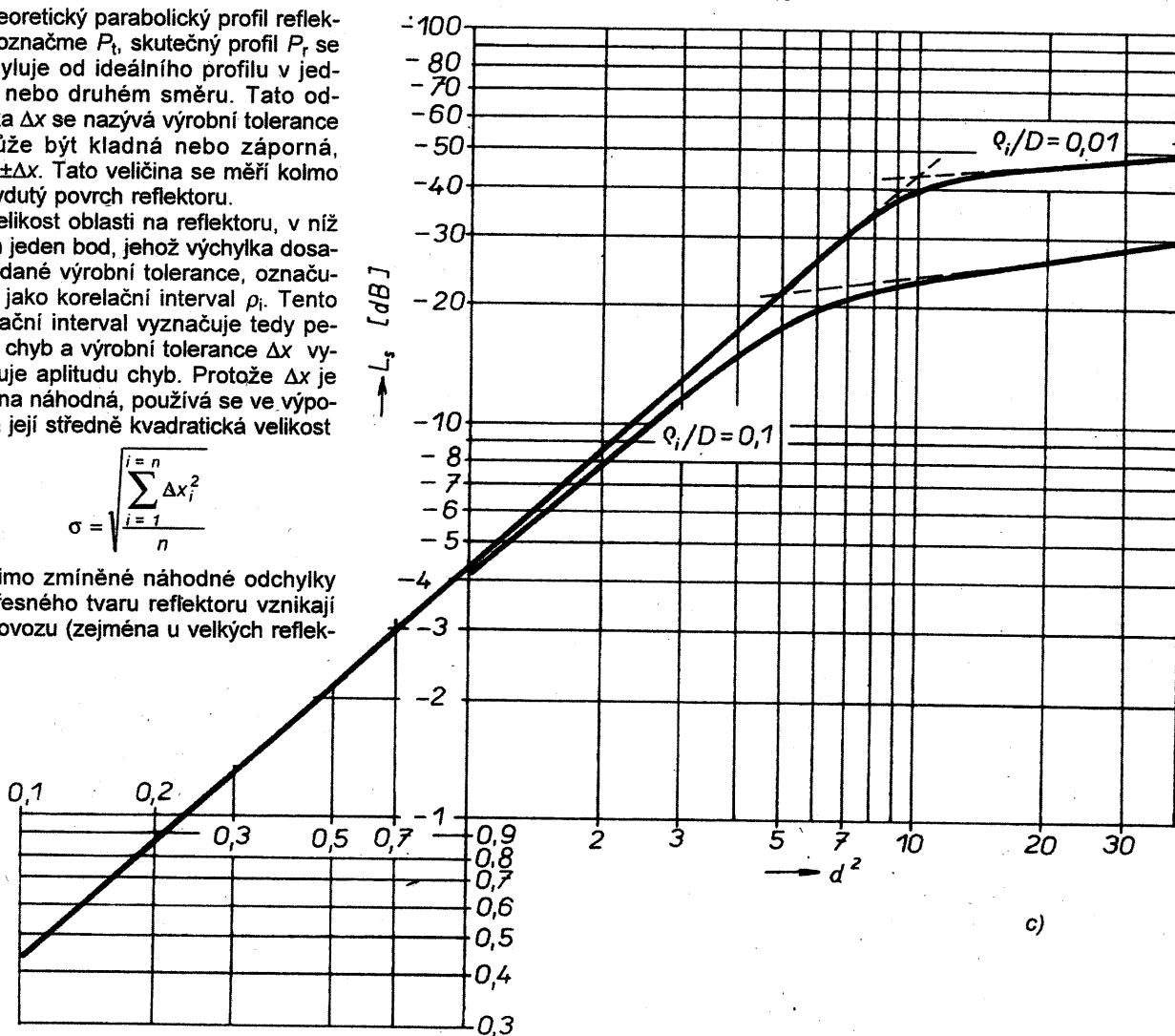
Velikost oblasti na reflektoru, v níž je jen jeden bod, jehož výchylka dosahuje dané výrobní tolerance, označujeme jako korelační interval ρ_i . Tento korelační interval vyznačuje tedy periodu chyb a výrobní tolerance Δx vyznačuje amplitudu chyb. Protože Δx je veličina náhodná, používá se ve výpočtech její středně kvadratická velikost

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n}}$$

Mimo zmíněné náhodné odchylky od přesného tvaru reflektoru vznikají za provozu (zejména u velkých reflek-



b)



c)

torů s $D > 15$ až 20 m) deformace celé reflektorové plochy.

Vliv tvarových odchylek reflektoru je na obr. 32a, b, kde je vyznačena závislost úrovně postranních laloků na poměru $\Delta x/\lambda$. Použitý úhel θ je

úhel, měřený od maxima diagramu na jednu stranu a předpokládá se přitom ozáření okraje reflektoru -10 dB. Tvarová odchylka má vliv i na zisk antény podle vztahu

$$G_z = G_0 \exp(-d^2),$$

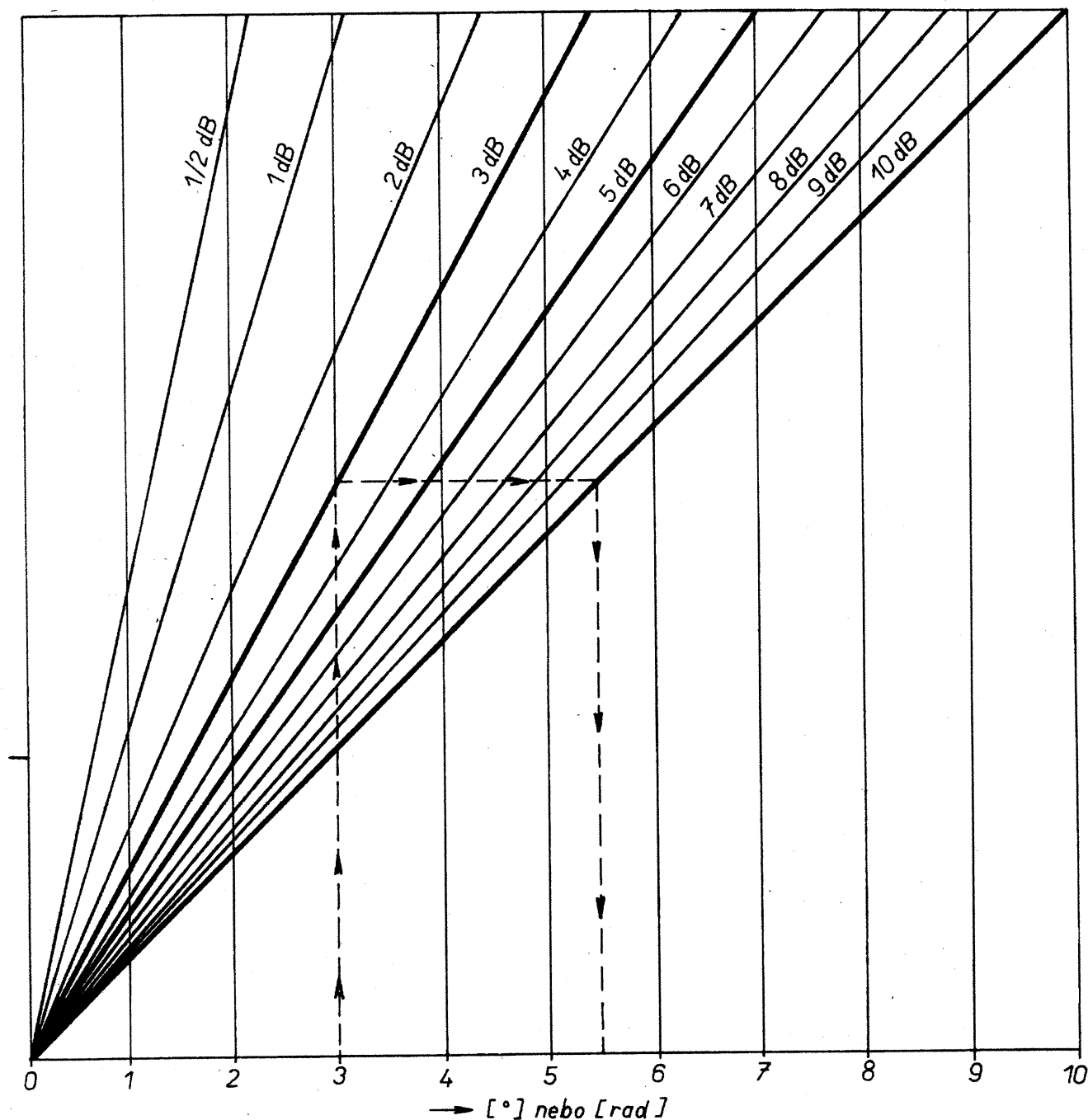
kde G_0 je zisk antény nedeformované a G_z zisk včetně deformací, parametr $d = 4\pi\sigma/\lambda$.

Ztrátový činitel povrchové nepřesnosti lze definovat jako poměr

$$L_s = G_z/G_0.$$

Tento vztah platí pro malé ztráty. Vliv korelačního činitele ρ_i se určuje složitějším výpočtem. Pro rychlou informaci slouží obr. 32c.

Převodní graf šířek anténních diagramů (obr. 33)



V technických parametrech antén jsou často uváděny šířky hlavního laloku diagramu pouze pro jednu úroveň, např. 3 dB nebo 10 dB. Pokud jde o anténu se standardním diagramem, lze pomocí grafu na obr. 33 nalézt přibližnou šířku laloku pro další úroveň.

Konstrukce grafu je založena na předpokladu, že hlavní lalok antény lze vyjádřit funkcí

$$(\cos \gamma/2)^n$$

a exponent n lze tedy určit pro danou úroveň a úhel γ .

Příklad. Je dána „třidecibelová“ šířka laloku, $\gamma_{3 \text{ dB}} = 30^\circ$, šířka „desetidecibelová“ $\gamma_{10 \text{ dB}} = 55^\circ$.

Pozn. Na vodorovnou stupnici lze umístit desetinnou čárku podle potřeby.

Literatura:

k obr. 23

Green, H. E.: Design Data for Short and Medium Length Yagi-Uda Arrays. Trans. I.E.Austr., sv. EE-2, č. 1/1966;

k obr. 30

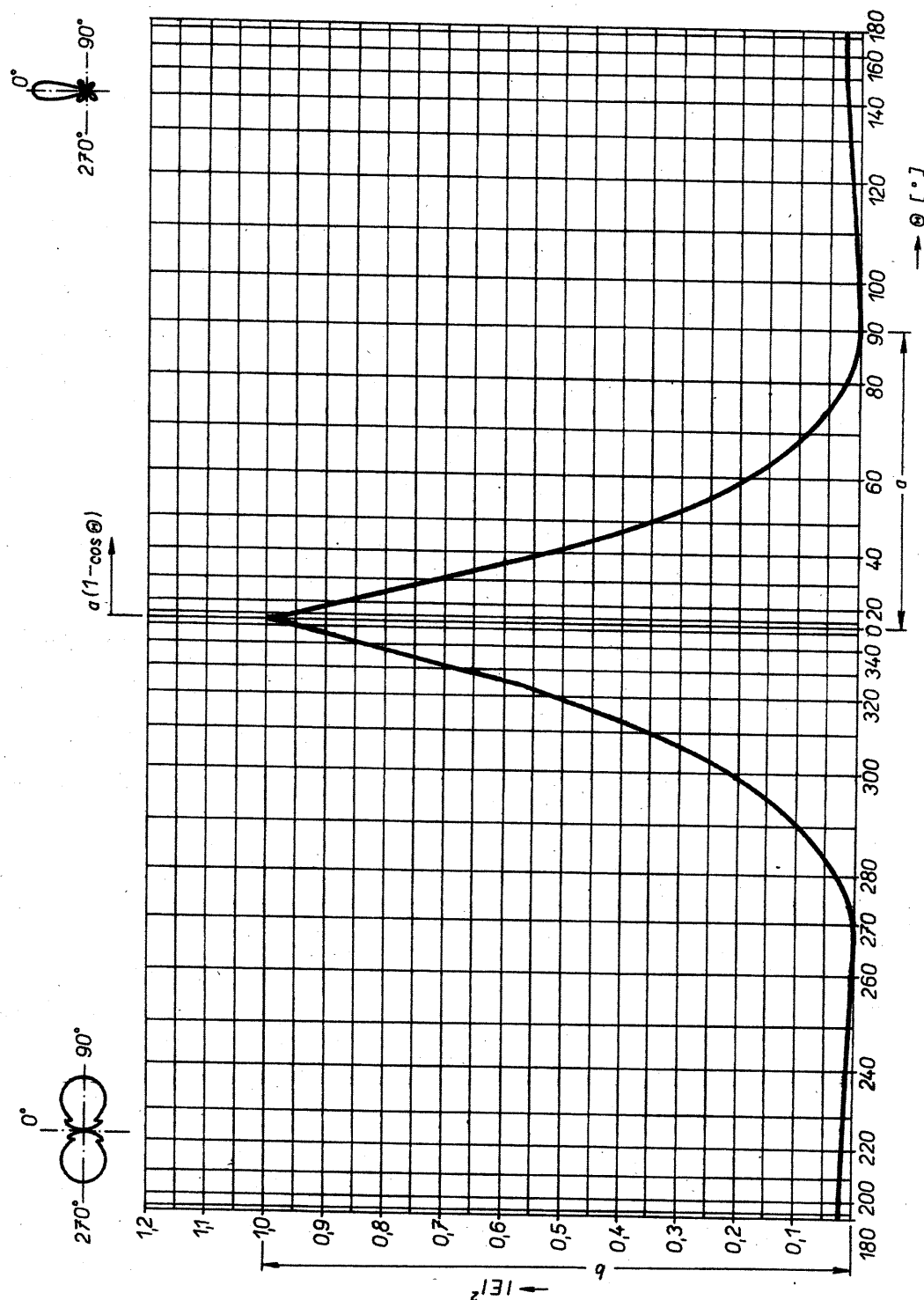
Procházka, M.: Parabolické antény. Sdělovací technika č. 5/1989;

k obr. 34

Procházka, M.: Graphische Berechnung des Antennenrichtwirkungsfaktor. Nachrichtentechnik, červen 1957.

B4
95

Grafické určení zisku antény (obr. 34)



Ke grafickému určení činitele směrovosti, resp. zisku antény potřebujeme mít k dispozici naměřený napěťový diagram antény alespoň ve dvou vzájemně kolmých rovinách (např. vertikální a horizontální), dále grafický papír sestrojený podle grafu na obr. 34. Na něm na vodorovné ose je stupnice ve stupních s dělením $a(1 - \cos \Theta)$, kde a je zvolený modul v mm, svislá osa má lineární měřítko s libovolným mo-

dulem b . Do takto připraveného podkladu vyneseme naměřený diagram i s postranními laloky tak, že na svislou osu vynášíme čtverce naměřených údajů z napěťového diagramu pro dané úhly Θ .

Nakreslený diagram pak buď planimetrujeme planimetrem, nebo přiložíme průhledný papír s dělením po 1 mm a počítáme čtverečky. Máme-li k dispozici technické váhy s citlivostí alespoň 0,01 g, můžeme nakreslené diagramy vystříhnout a zvážit. Hmotnost vystříženého diagramu je úměrná jeho ploše a pokud papír nemá „pecky“, nedopustíme se velké chyby,

protože hmotnost normalizační plochy (viz dále) jsme určili předem na stejném papíře.

Plocha P normalizační plochy je $P = 4ab$, kde pořadnice b [mm] odpovídá $E^2 = 1$. Plocha P znázorňuje vlastně záření izotropního zářiče, k němuž určujeme zisk, resp. činitel směrovosti (jsou-li ovšem ztráty v anténě zanedbatelné).

Protože uvedená metoda vychází z předpokladu, že jde o rotačně symetrický diagram, musíme diagramy změřit ve dvou na sebe kolmých rovinách a zisk

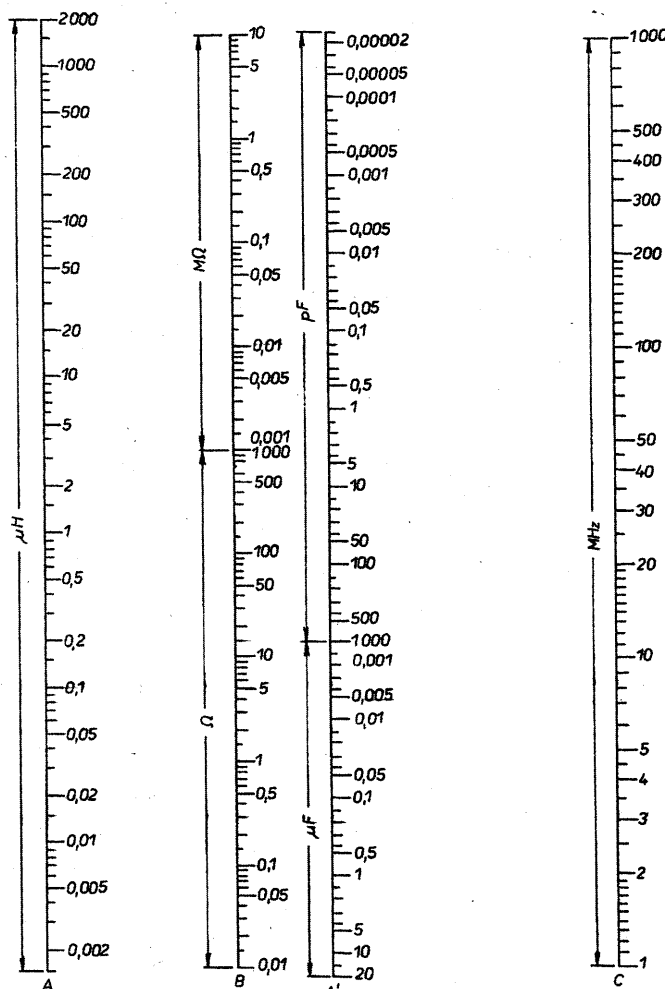
stanovit jako střední hodnotu z obou měření.

Uvedeným způsobem lze určit i zisk antén se všesměrovým diagramem (kruhovitým) v jedné rovině (horizontální). Je pouze třeba pamatovat na to, že maxima diagramů jsou pak orientována na 90 a 270°.

Činitel směrovosti, resp. zisk G získáme prostým dělením naměřených ploch

$$G_i = 10 \log P/P_a \text{ [dB]},$$

kde P je plocha (hmotnost) normalizačního obdélníka a P_a střední hodnota ploch (hmotností) diagramů ve dvou změřených rovinách.



Reaktanční nomogram (obr. 35)

Nomogram řeší vztah mezi kmitočtem, kapacitou a indukčností a jejich reaktancemi pro kmitočty od 1 do 1000 MHz. Spojnice mezi údajem kmitočtu v [MHz] na ose C a údajem kapacity nebo indukčnosti na osách A, popř. A' vytne na ose B údaj o reaktanci v [Ω].

K AR B1/95

K obsahu tohoto čísla jsme dostali následující připomínky:

1. V AR B1 mne zaujal článek Cyklovač s pamětí. Po jeho přečtení jsem se rozhodl pro jeho realizaci, protože mne potěšila jeho zpracovanost. V článku jsou však tyto chyby: na obr. 8 není zakreslena dioda D9 u vývodu OZ1, na obr. 14 a 15 jsou špatně označeny kontakty cyklovačů - správně má být označení S4 a P4 přehozeno, neboť jinak nebude po montáži do auta cyklovač funkční. Po uvedených úpravách splňuje cyklovač v úvodu článku zadané požadavky.

2. Satelitný přijímač z AR B1 som si postavil a funguje v překvapivej kvalite k mojej plnej spokojenosti. Chcel by som však upozorniť na chybné zasadenie T6 v obrazovom diele (BC639), ktorého správne poradie vývodov je ECB. Ďalej by som doporučil na zdrojovom diele opatřit chladičom i IO4 (LM317).

Redakce děkuje jak čtenáři J. Sieglvi z Brumova-Bylnice, tak D. Gergelymu z Levic za upozornění na chyby v uvedeném čísle.

Reproduktorové soustavy Kompletní stavebnice Součástky, Skříně Reproduktory

Katalog zdarma!

**VÝHODNÉ
DEALERSKÉ CENY**

**VÝROBA
VELKOOBCHOD
MALOOBCHOD
ZÁSILKOVÁ SLUŽBA**



KLITECH

spol. s r.o.

262 03 Nový Knín, nám. Jiřího z Poděbrad 403,
tel.: 0305/932 08; 933 18, fax: 0305/932 88

Provoz Praha
130 00 Praha 3, Za Vackovem 7, tel./fax: 02/684 71 02

INZERCE

Inzerce přijímá osobně i poštou Vydavatelství Magnet-Press (inzerce AR-B), Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. (02) 24 22 73 84, (02) 24 22 77 23, tel./fax (02) 24 22 31 73. Uzávěrka tohoto čísla byla 15. 6., do kdy jsme museli obdržet úhradu za inzert.

Cena za první započatý řádek je 44,-Kč, za každý další i započatý 22,-Kč. Platba je včetně daně z přidané hodnoty. Cena za plošnou inzerci se řídí velikostí inzerátu, za 1 cm² plochy je 29,-Kč, k ceně inzerátu se připočítává 22 % DPH. Nejmenší velikost plošného inzerátu je 54x40 mm. Za opakovanou inzerci poskytujeme slevy.

Text pište čitelně, aby se předešlo chybám, vznikajícím z nečitelnosti předlohy.

RŮZNÉ

Oprava reproduktorů zahraniční výroby, vadné kmitací cívky a nová okrajová guma. Poštou a dobírkou. Mir. Ledvinka, Na Vysočině 664, 104 00 Praha - Uhřetěves. Tel. (02) 703641.

B4
95

Amatérské RADIO 157

FAN radio

antény a radiostanice s.r.o.

... KVALITA ZA SOLIDNÍ CENY ...

**SIRTEL - to je dvacet let tradice výroby vysílacích antén
a několik miliónů spokojených zákazníků po celé Evropě.**



Excellency SIRTEL Technology!

DODÁVÁME:

- vysílací antény pro VKV a UKV pásma 66-960 MHz
- vysílací antény pro CB pásmo 27 MHz
- základnové antény s vertikální polarizací pro těžké podmínky
- kvalitní vozidlové antény pro radiové sítě VKV a UKV
- vozidlové antény pro radiotelefony v pásmech 450 a 900 MHz
- magnetické držáky, zářiče a duplexery pro vozidlové antény
- koaxiální kabely, konektory N, BNC, TNC, PL, CRIMP
- PSV-metry, W-metry, vf zesilovače, zdroje, nabíječe, měniče
- občanské radiostanice a příslušenství radiostanic

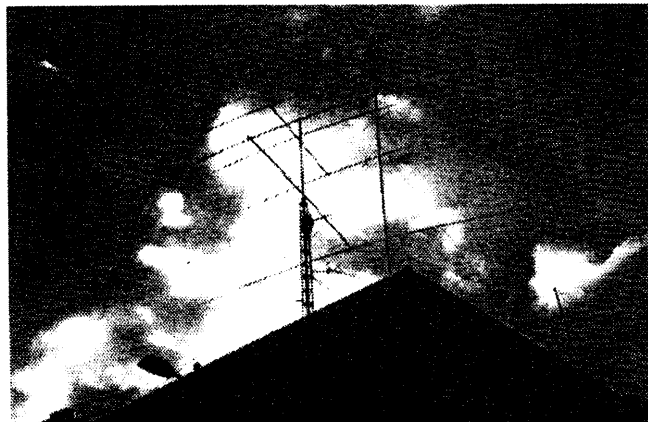
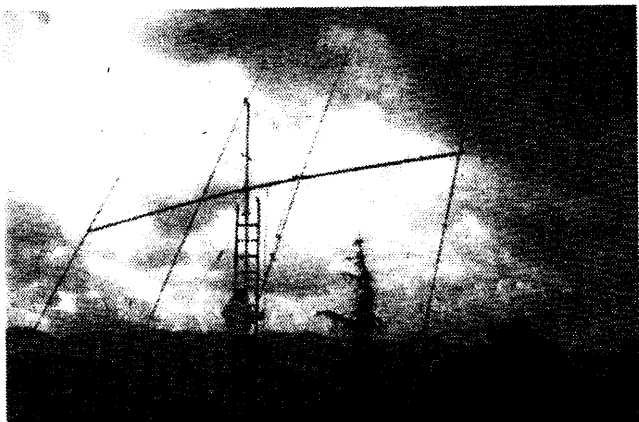
Power!

All right!

Design by F. A. Porsche!

Harmony!

Velkoobchodní, obchodní, montážní a servisní firmy přidejte se i Vy k našim stálým odběratelům. To co nenajdete zde - sortiment a ceny - najdete v našem dvacetistránkovém ceníku, který od nás dostanete včetně prospektů. Prosíme předem o kopii Vašeho živnostenského listu. Můžete nás také navštívit v našem skladu v SOU Borská 55 v Plzni v pracovní dny od 8 do 16 hodin.



VYRÁBÍME A DODÁVÁME ANTÉNY PRO RADIOAMATÉRY, PROFISÍTĚ, SDÍLENÉ KMITOČTY, LETECKÝ PROVOZ, A TO V PÁSMECH KRÁTKÝCH I VELMI KRÁTKÝCH VLN.

V pásmech VKV jsou to známé typy, vyvinuté radioamatéry, většinou jsou vyráběny pod značkami jako F9FT, DL6WU, GW4CQT, PA0MS apod. Přesto, že vycházíme z osvědčených typů, upravujeme tyto antény pro jiné kmitočty nebo jiné použití. Jedním z typů takových antén je mezi amatéry oblíbená „krcka“. Tuto anténu přepočítanou a změřenou používáme i pro jiné kmitočty (podle přání) a s impedancí 50 Ω . Tyto antény jsou vhodné i pro profesionální komunikaci jako třeba pult centrální ochrany PCO, přenosy dat pro výměňkové stanice, vodojemy, ochrany objektů apod.

Snažíme se také vyvíjet antény nové. Pro základní návrh nových antén používáme výpočetní techniku, takto navržené antény jsou měřeny v TESTCOM a prověřovány u vybraných zákazníků nebo radioamatérů (tímto děkujeme Jirkovi, OK1AVI).

Antény YAGI pro VKV vyrábíme se 4 až 25 prvky, lze je napájet konektorem typu PL, BNC nebo N. K symetrizaci a transformaci používáme známou metodu GAMMA.

Pro radioamatéry jsme vyvinuli anténu YAGI v nejpoužívanější konfiguraci - tříprvkovou, třípásmovou - pod označením ZY-33.

Přesto, že je vývoj velmi náročný, snažíme se obohatit trh o nové typy antén. Pro radioamatéry připravujeme vícepásmové vertikály a křížové antény pro satelitní provoz, ZY-33 bude v rámci inovací rozšířena o dva prvky (pro náročnější operátory).

Antény vyrábíme převážně ze slitin AlMg. Kovové součásti se zinkují žárovou metodou nebo se galvanicky upravují. Spojovací materiál postupně nahrazujeme nerezovým a plasty lisujeme ve vlastní režii.

Prostřednictvím OKDX nadace se naše antény provozují i v jiných zemích. Například v Indii, kde vysílá OK2SW, v Albánii je to ZA1AJ, v Turecku OK2ZW, dále ve Slovinsku, Švýcarsku, Německu atd.

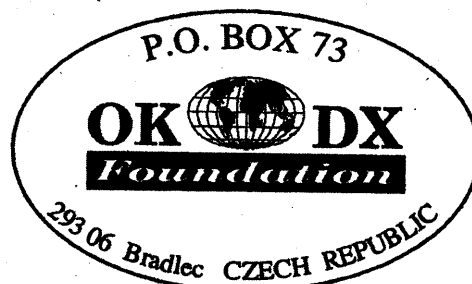
PA0MS naší výroby pracovala i z nejvyššího vrcholu rakouských Alp. Doufáme, že další země budou následovat v součinnosti s aktivitou OKDXF nebo při sponzorství naší firmy.

Ne vždy se nám daří uspokojit každého zákazníka, ale jsme si vědomi odpovědnosti, která z našich služeb vyplývá. Do budoucna máme mnoho dalších plánů, zejména bychom rádi uvedli na trh takové antény, které by umožňovaly omezit používání anténních zesilovačů a naplnili tak známé heslo či úsloví, že „nejlepším zesilovačem je anténa“.

**Firma sídlí na adrese: ZACH, Bradlec 73,
293 06 Kosmonosy, tel./fax 0326/26 612,
naš obchod najdete na adrese:
U Stadionu 1231, Mladá Boleslav,
tel. 0326/72 25 20.**

Distributoři našich antén:

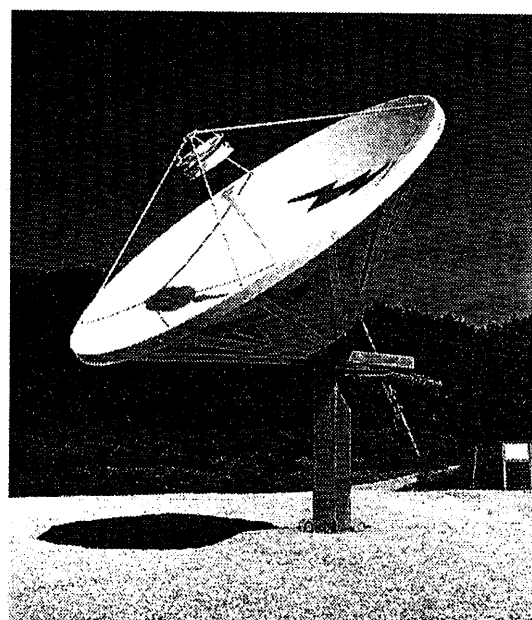
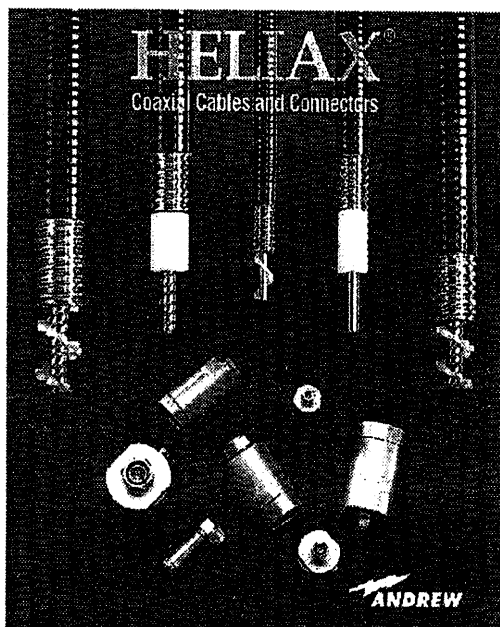
Radio Com, Na drahách 190, 500 09 Hr. Králové,
R-Com, Chrástavská 16, 460 01 Liberec 1,
ALKA, Jeseniova 65, 130 00 Praha 3,
Elektro prodej Karasz, Hlavní 1027, 708 00 Ostrava 4,
AMA, Klatovská 115, 320 17 Plzeň,
LVT, Moskevská 24, 400 01 Ústí n/L,
pro Slovensko Roman Kudláč, OM3EI,
Bakošova 26, 841 03 Bratislava





Koaxiální kabely Satelitní systémy Antény

✓ **profesionální
parametry**



✓ **dlouhodobá
životnost**

✓ **vysoká spolehlivost**

Výhradní zastoupení pro ČR, SR :
MIKROKOM s.r.o., Novodvorská 994, 142 21 Praha 4
tel.: (02) 49 54 18 , fax.: (02) 476 2576

